

SÉRIE A N° 1625

N° D'ORDRE :

2491

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

G. DESTRIAU

1^{re} THÈSE — RECHERCHES SUR LES SCINTILLATIONS DES SULFURES
DE ZINC AUX RAYONS α .

2^e THÈSE — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le

1936 devant la Commission d'examen

MM. JEAN PERRIN . . . *Président.*

M. CURIE
JOLIOT-CURIE

} *Examineurs.*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552211_0039

SÉRIE A N° 1625

N° D'ORDRE :

2491

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

G. DESTRIAU

1^{re} THÈSE — RECHERCHES SUR LES SCINTILLATIONS DES SULFURES
DE ZINC AUX RAYONS α .

2^e THÈSE — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le

1936 devant la Commission d'examen

MM. JEAN PERRIN . . . *Président.*

M. CURIE
JOLIOT-CURIE

} *Examineurs.*

PARIS

—
1936

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen honoraire M. MOLLIARD.
Doyen C. MAURAIN, *Professeur* Physique du Globe.

<i>Professeurs honoraires...</i>	H. LE CHATELIER.	Léon BRILLOUIN.	AUGER.
	H. LEBESGUE.	GOURSAT.	BLAISE.
	A. FERNBACH.	WALLERANT.	DANGEARD.
	A. LEDUC.	GUILLET.	JANET.
	Émile PICARD.	PÉCHARD.	LESPYEAU.
	Rémy PERRIER.	FREUNDLER.	MARCHIS.
			VESSIOT.

PROFESSEURS

G. BERTRAND.....	T	Chimie biologique.	L. DUNOYER.....	Optique appliquée.
M. CAULLERY.....	T	Zoologie (Évolution des êtres organisés).	A. GUILLIERMOND..	T Botanique.
G. URBAIN.....	T	Chimie générale.	M. JAVILLIER.....	Chimie biologique.
Émile BOREL.....	T	Calcul des probabilités et Physique mathématique.	L. JOLEAUD.....	Paléontologie
Jean PERRIN.....	T	Chimie physique.	ROBERT-LÉVY.....	Zoologie.
H. ABRAHAM.....	T	Physique.	F. PICARD.....	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
E. CARTAN.....	T	Géométrie supérieure.	Henri VILLAT.....	T Mécanique des fluides et applications.
M. MOLLIARD.....	T	Physiologie végétale.	Ch. JACOB.....	T Géologie.
L. LAPICQUE.....	T	Physiologie générale.	P. PASCAL.....	T Chimie minérale.
A. COTTON.....	T	Recherches physiques.	M. FRÉCHET.....	T Calcul différentiel et calcul intégral.
J. DRACH.....	T	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.	E. ESCLANGON.....	T Astronomie.
Charles FABRY.....	T	Enseignement de Physique.	M ^{me} RAMART-LUCAS	T Chimie organique.
Charles PÉREZ.....	T	Zoologie.	H. BÉGHIN.....	T Mécanique physique et expérimentale.
Léon BERTRAND...	T	Géologie structurale et géologie appliquée.	Foch.....	Mécanique expérimentale des fluides.
P. PORTIER.....	T	Physiologie comparée.	PAUTHENIER.....	Physique (P. C. B.).
E. RABAUD.....	T	Biologie expérimentale.	De BROGLIE.....	T Théories physiques.
M. GUICHARD.....		Chimie minérale.	CHRÉTIEN.....	Optique appliquée.
Paul MONTEL.....	T	Théorie des fonctions et Théorie des transformations.	P. JOB.....	Chimie générale.
P. WINTREBERT...	T	Anatomie et histologie comparées.	LABROUSTE.....	Physique du Globe.
L. BLARINGHEM...	T	Botanique.	PRENANT.....	Zoologie.
O. DUBOSCQ.....	T	Biologie maritime.	VILLEY.....	Mécanique physique et expérimentale.
G. JULIA.....	T	Mécanique analytique et mécan. céleste.	BOHN.....	Zoologie (P. C. B.).
C. MAUGUIN.....	T	Minéralogie.	COMBES.....	Botanique (P. C. B.).
A. MICHEL-LÉVY...	T	Pétrographie.	GARNIER.....	T Mathématiques générales.
H. BÉNARD.....	T	Mécanique expérimentale des fluides.	PÉRÈS.....	Mécanique des fluides.
A. DENJOY.....	T	Application de l'analyse à la géométrie.	HACKSPILL.....	Chimie (P. C. B.).
L. LUTAUD.....	T	Géographie physique et géologie dynamique.	LAUGIER.....	Physiologie générale.
Eugène BLOCH.....	T	Physique théorique et physique céleste.	TOUSSAINT.....	Technique Aéronautique.
G. BRUHAT.....		Physique.	M. CURIE.....	Physique (P. C. B.).
E. DARMOIS.....		Physique.	G. RIBAUD.....	T Hautes températures.
A. DEBIERNE.....	T	Physique générale et radioactivité.	CHAZY.....	T Mécanique rationnelle.
A. DUFOUR.....	T	Physique (P. C. B.).	GAULT.....	Chimie (P. C. B.).
			CROZE.....	Recherches physiques
			DUPONT.....	T Théories chimiques.
			LANQUINE.....	Géologie.
			VALIRON.....	Mathématiques générales.
			BARRABÉ.....	Géologie structurale et géologie appliquée.
			MILLOT.....	Zoologie (P. C. B.).
			F. PERRIN.....	Théories physiques.
			VAVON.....	Chimie organique.

Secrétaire A. PACAUD.
Secrétaire honoraire..... D. TOMBECK.



RECHERCHES

SUR LES SCINTILLATIONS DES SULFURES DE ZINC AUX RAYONS α

I

INTRODUCTION

Les courbes de scintillations (courbes donnant les variations du nombre de scintillations en fonction de la distance source active écran) étudiées par divers auteurs (TAYLOR ⁽¹⁾, GEIGER ⁽²⁾, ROTHENSTEINER ⁽³⁾) ne sont pas comparables entre elles.

Dans un précédent mémoire ⁽⁴⁾, j'ai montré que ces écarts pouvaient tenir tant aux modes différents de préparations des écrans, qu'à la diversité des sulfures employés. J'ai indiqué comment il était possible de préparer des écrans de sulfure de zinc sans liant (baume de Canada) de manière à éliminer l'erreur due à l'absorption de la couche irrégulière de baume enrobant plus ou moins les cristaux.

J'ai montré enfin que les courbes de scintillations semblaient d'autant plus étalées que les cristaux employés étaient de plus grande taille et de teneur plus faible en phosphorogène. Un calcul théorique simple permettait de relier la forme des courbes de scintillations à la loi de répartition des parcours étudiée expérimentalement par M^{me} Irène CURIE ⁽⁵⁾ et théoriquement par BOHR ⁽⁶⁾, FLAMM ⁽⁷⁾ et WILLIAMS ⁽⁸⁾.

Le but du présent travail a été d'abord de préciser l'influence de la taille des cristaux sur la forme des courbes de scintillation et d'en déduire une méthode d'analyse de la concentration relative en phosphorogène actif des divers sulfures employés. Je me suis proposé ensuite d'étendre cette étude aux déformations présentées par les courbes de scintillations lors de l'interposition d'écrans métalliques. Enfin, dans une dernière partie, j'ai essayé de chercher une corrélation entre le mécanisme des scintillations et les autres modes de luminescence du sulfure de zinc.

Je tiens à rendre hommage à M^{me} P. CURIE sur les conseils de qui j'ai entrepris ce travail, je remercie M^{me} Irène CURIE et M. Maurice CURIE de l'intérêt qu'ils y ont porté et pour les conseils qu'ils ont bien voulu me donner, ainsi que M. MERCIER chez qui il a été en grande partie effectué. Je remercie également M. GUNTZ qui a bien voulu me fournir les échantillons de sulfures étudiés.

MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

Préparation des écrans. — Tout d'abord, afin d'éliminer une cause possible d'erreur, je me suis attaché à la préparation d'écrans phosphorescents sans l'aide d'aucun liant comme l'est, par exemple, le baume de Canada souvent employé. Là, en effet, peut se trouver une cause d'erreur du fait que certains cristaux peuvent être enrobés sous une couche de baume qui, aussi faible soit-elle, peut par son absorption, altérer sensiblement les résultats.

Tous les écrans employés dans ce travail ont donc été préparés par la méthode suivante.

La petite quantité de sulfure juste nécessaire étant déposée sur la lame de verre bien propre servant de support, on l'humecte de quelques gouttes d'alcool éthylique, la bouillie ainsi obtenue est étendue régulièrement à l'aide d'un agitateur manœuvré parallèlement à la lame de verre. En laissant sécher, les cristaux restent suffisamment bien fixés, évidemment un tel écran est assez fragile et demande à être manipulé avec certaines précautions. J'ai pu obtenir ainsi des écrans assez réguliers, sans toutefois pouvoir me débarrasser absolument de quelques petits trous, ce qui d'ailleurs ici n'est d'aucune importance, étant donné que toutes les mesures relatives à une même courbe sont effectuées en utilisant toujours la même portion de l'écran.

Ce n'est qu'après divers essais que je me suis arrêté à l'alcool éthylique, il est nécessaire, en effet, que le liquide employé soit suffisamment volatil pour sécher rapidement, sans toutefois l'être trop comme l'éther sulfurique par exemple employé cependant dans la fabrication des étalons à l'oxyde d'urane. Ici, en effet, pour pouvoir être transparente, la couche de sulfure doit être très mince, et dans ce cas avec un corps trop volatil comme l'éther, on obtient des écrans irréguliers, les cristaux se rassemblant en petits tas.

Source. — Les sources utilisées étaient constituées par du polonium déposé sur un disque d'argent de 2 mm. de diamètre. Afin d'éviter l'erreur possible qui aurait pu résulter d'une diffusion plus ou moins grande du polonium dans l'argent et bien que les résultats sur ce point aient été négatifs, RONA et SCHMIDT ⁽⁹⁾, SCHWARTZ ⁽¹⁰⁾ les sources actives ont été changées tous les six mois.

Appareil. — En principe, la méthode est simple, il suffit de compter le nombre de scintillations observées sur l'écran dans un temps donné pour diverses distances de la source active à l'écran, de corriger ce nombre de la variation d'angle solide et de ramener toujours les distances rectilignes aux parcours air correspondants évalués dans des conditions déterminées de température et de pression (15° et 760 mm.).

Étant donné cependant qu'on opère dans l'obscurité, l'appareil utilisé doit permettre de faire varier la distance de la source active à l'écran de quantités connues sans avoir à faire de lectures, j'ai donc employé le dispositif suivant.

La source active constituée par une petite quantité de polonium déposée sur une lame d'argent est placée en (c), au-dessus en (d) se trouve placé l'écran qu'on observe à l'aide d'un microscope M.

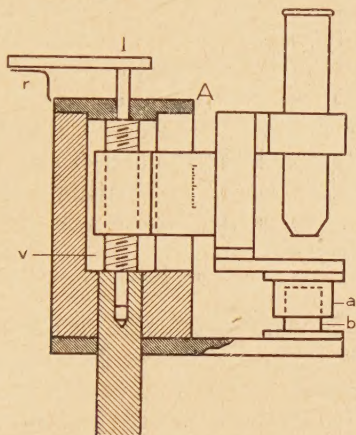


Fig. 1.

L'écran et le microscope sont solidaires d'un même écrou mobile commandé par une vis (v) au pas de 2 millimètres manœuvrée elle-même à l'aide d'un levier (l) portant une lame ressort (r) dont la pointe en venant se loger dans l'une des cinq encoches peu profondes pratiquées à la périphérie de la pièce (A) marque une légère résistance, il est ainsi possible dans l'obscurité, sans avoir à faire de lectures, de modifier la distance de la source à l'écran de quantités connues égales à des multiples de 4 dixièmes de millimètre.

Un vernier permet toutefois de repérer la position initiale et par mesure de contrôle la position finale de l'écran en fin d'une expérience.

La source et l'écran sont protégés par un système de deux cylindres (a) et (b) suffisamment larges pour éviter les réflexions et coulissant l'un dans l'autre avec un léger jeu permettant l'égalisation des pressions à l'extérieur et à l'intérieur de la chambre ainsi formée.

Méthode d'observation. — Les mesures relatives à un sulfure étant assez longues, il serait nécessaire de tenir compte de la décroissance d'activité de la

source, décroissance de 1 % environ en deux jours, en fait, cette décroissance pour une source faible étant plus ou moins régulière, j'ai préféré prendre une méthode éliminant systématiquement cette correction.

Chaque courbe est le résultat d'une série plus ou moins grande d'expériences journalières comportant l'observation des scintillations à des distances de la source active graduellement croissantes et répétées chaque jour pour les mêmes positions du vernier.

Chaque jour il est donc effectué une mesure pour chaque position du vernier, positions, dont l'une au moins correspond à une distance source écran suffisamment faible pour pourvoir correspondre au maximum de scintillations (partie de la courbe parallèle aux abscisses).

Il est évident que dans ces conditions pour obtenir la courbe moyenne résultant d'une série plus ou moins grande d'expériences journalières il n'y a pas lieu de tenir compte des variations d'activité de la source, il suffit d'effectuer pour chaque position du vernier d'une part la moyenne des parcours air équivalents, et d'autre part la moyenne des scintillations observées.

En effet, si (n_0) est le nombre moyen de scintillations qui dans l'unité de temps apparaissent sur l'écran lorsque celui-ci est disposé à proximité de la source active et (n) le nombre moyen de scintillations quand la distance source écran est équivalente à (d) , (n) est une fraction de (n_0) et l'on peut poser :

$$n = Kn_0.$$

Or, c'est précisément la connaissance de ce nombre (K) qui nous intéresse pour le tracé des courbes de scintillations et il est évident que sa valeur peut se déduire d'une série d'expériences faites avec des sources variées sans avoir à tenir compte des différences d'activité de ces sources si chaque expérience comporte à la fois une mesure à proximité de la source et une mesure à la distance (d) comme il a été précisément indiqué plus haut.

INFLUENCE DE LA TAILLE DES CRISTAUX

Les mesures ont porté tout d'abord sur une série de cristaux triés de tailles variant de $15\ \mu$ à $50\ \mu$ provenant d'une même préparation GUNTZ 107 à $1/15.000^\circ$ de cuivre et dont certains échantillons avaient précisément servi aux expériences de BERTA KARLIK et KARA MICHAÏLOVA ⁽¹⁾ sur la luminosité des scintillations.

Étant donné la surface réduite des écrans, $0,25\ \text{cm}^2$ environ, les tailles des cristaux ont été contrôlées directement sur les écrans eux-mêmes de manière à tenir compte des imperfections du triage. Les résultats consignés sur la figure 2 montrent que les courbes de scintillations s'étalent d'autant plus que les cristaux étudiés sont plus gros, la décroissance la plus rapide étant obtenue pour les

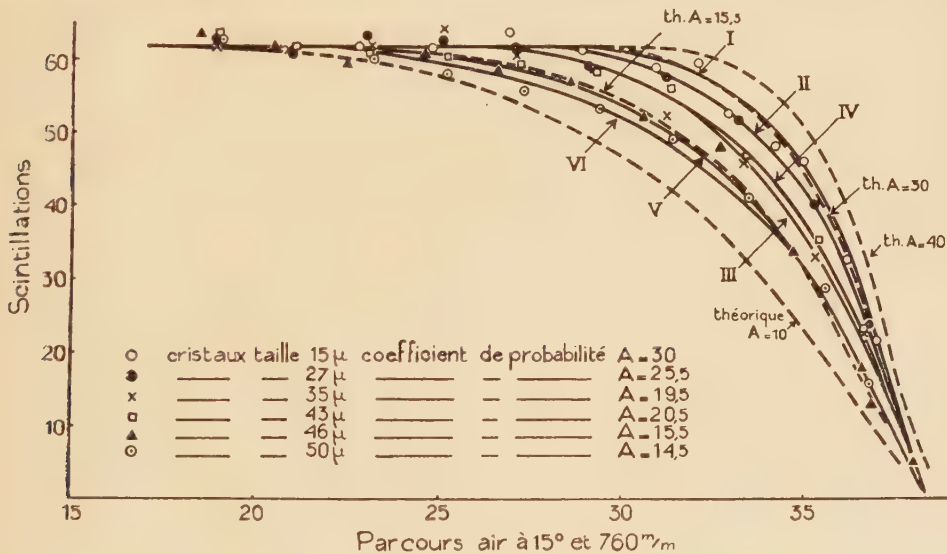


Fig. 2.

cristaux de $15\ \mu$ et la décroissance la plus progressive pour les cristaux de $50\ \mu$, pour les tailles intermédiaires de $27\ \mu$, $35\ \mu$, $43,5\ \mu$ et $46\ \mu$ les courbes s'ordonnent régulièrement entre les courbes extrêmes.

Les expériences ont porté de même sur diverses autres préparations :

GUNTZ 2 C.M. à $1/7500^{\circ}$ de cuivre.

GUNTZ 3 O.M. et GUNTZ 3 O.M.T. à $1/50.000^{\circ}$ de cuivre.

GUNTZ 3 C.M. à $1/5.000^{\circ}$ de cuivre.

Pour ces sulfures, le triage des cristaux s'est effectué à l'eau courante à l'aide du dispositif suivant, schéma figure 3, dont la marche n'exige pas une très grande surveillance.

L'appareil se compose d'une série de 3 éprouvettes A, B, C, de diamètre progressivement croissant, le mélange hétérogène des cristaux est placé dans

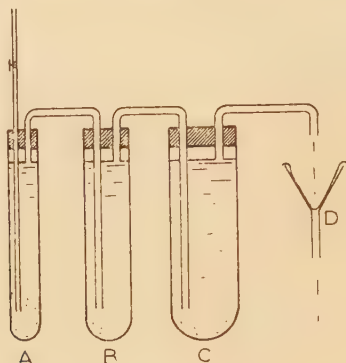


Fig. 3.

l'éprouvette A, sous l'influence du courant liquide, les cristaux en dessous d'une certaine taille sont entraînés et se déposent d'autant plus loin qu'ils sont plus fins. En réglant suffisamment lentement l'écoulement liquide, cet appareil permet d'obtenir du premier coup une quantité suffisante de cristaux fins classés en trois tailles différentes, les plus fins étant recueillis directement sur le filtre en D.

Dans la préparation des écrans sans baume, il suffit d'une quantité minime de sulfure de sorte qu'on peut opérer le triage très lentement en arrêtant l'opération dès qu'on juge avoir en B, C, D, une quantité suffisante de matière.

Ainsi, pour le sulfure GUNTZ 2 C.M. à $1/7.500^{\circ}$ de cuivre, nous avons séparé et étudié trois grandeurs différentes de cristaux (tailles 11μ , 17μ , 23μ). Les courbes correspondantes représentées sur la figure 4 confirment les résultats déjà obtenus avec le sulfure GUNTZ 107, les courbes étant d'autant plus étalées que les cristaux sont plus gros.

Les mêmes expériences ont été répétées, et les mêmes résultats confirmés avec le sulfure GUNTZ 3 O.M. à $1/50.000^{\circ}$ de cuivre dont on a étudié les cristaux de taille $11,5\mu$, $17,4\mu$, $22,9\mu$ (fig. 5).

De la même manière, la figure 6 donne les résultats obtenus avec les cristaux de taille $18,1\mu$ et $22,6\mu$ du sulfure GUNTZ 3.O.M.T. à $1/50.000^{\circ}$ de cuivre et la figure 7, les résultats obtenus avec les cristaux de taille 17μ et 21μ du sulfure 3 C.M. à $1/5.000^{\circ}$ de cuivre.

Tous ces résultats sont parfaitement concordants, on peut donc dire que pour

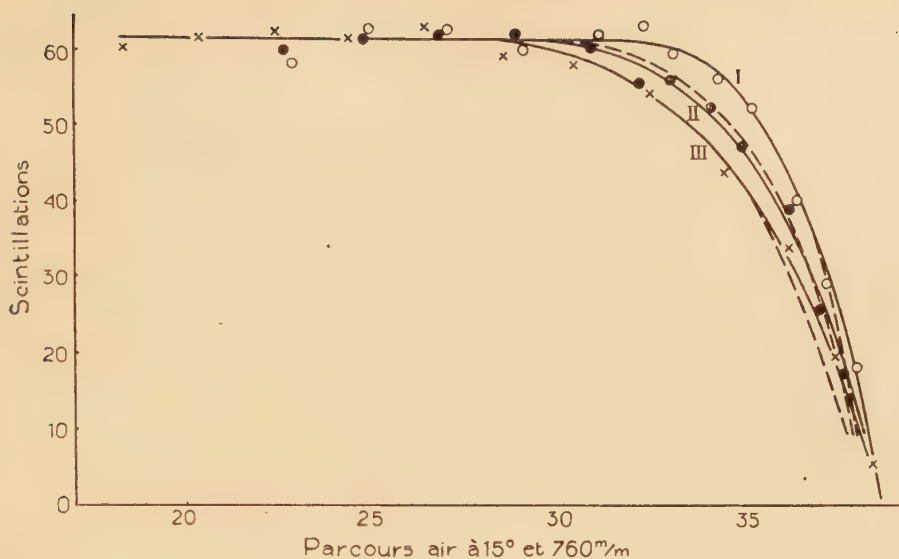


Fig. 4. — Sulfure ZnSCu ; Cu 1/7.500 ; Echantillon 2 C. M. Guntz.

- I. cristaux taille 11 μ coefficient de probabilité $A = 47$
- II. " " 17 μ " " $A = 34,5$
- × III. " " 23 μ " " $A = 25,5$

Chaque courbe est déduite de l'observation de 40.000 scintillations. En trait ponctué les courbes théoriques correspondantes.

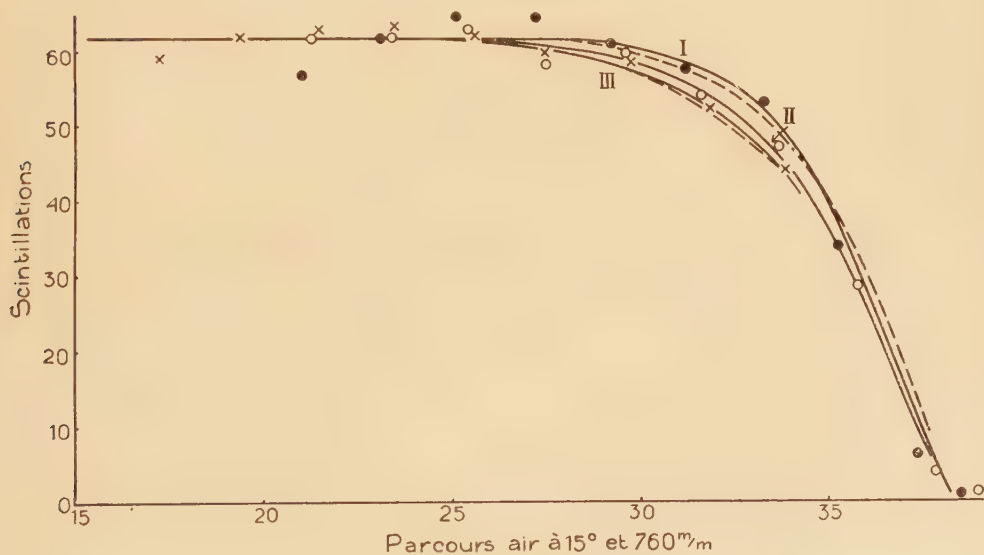


Fig. 5. — Sulfure 3. O. M. ; ZnSCu 1/50.000

- I. cristaux de taille 11,5 μ coefficient $A = 23$ 36.435 scintillations
- II. " de " 17,4 μ coefficient $A = 20$ 30.567 scintillations
- + III. " de " 22,9 μ coefficient $A = 18,5$ 29.332 scintillations

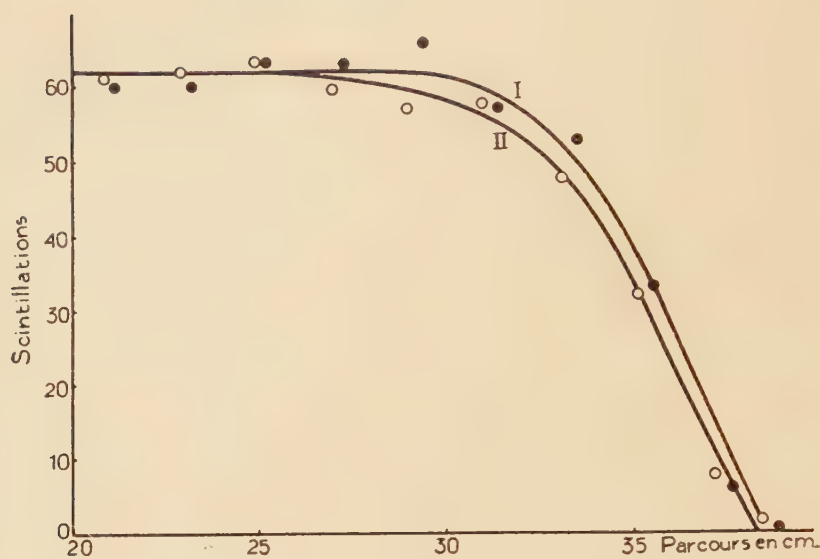


Fig. 6. — Sulfure 2 O. M. T. (Guntz) Cu 1/50.000]

- Courbe I, cristaux taille 18,1 μ
 ○ " II " " 22,6 μ
 " I A = 23
 " II A = 19

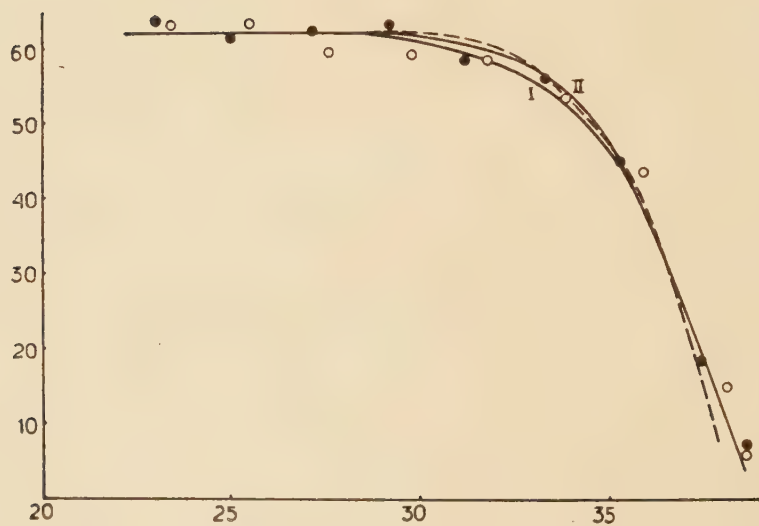


Fig. 7. — Sulfure 3 C. M. Cu 1/50.000

- I. ○ cristaux taille 21 μ A = 34
 II. ● " " 17 μ A = 35

une même préparation de sulfure de zinc, ce sont toujours les cristaux les plus fins qui donnent les courbes de scintillations les moins étalées.

Dans leurs travaux, sur la luminosité des scintillations, BERTA KALIK et KARA MICHAÏLOVA, ont montré que la forme des courbes traduisant les variations de la luminosité en fonction du parcours restant des rayons, dépendait de la taille des cristaux et que précisément la décroissance était plus brusque pour les cristaux fins.

Étant donné les précautions nécessaires à prendre dans la numération des scintillations, on pourrait se demander si l'influence de la taille des cristaux sur la forme des courbes de scintillations ne serait pas qu'apparente et simple conséquence d'un défaut de la méthode dans la numération des faibles scintillations. S'il en était ainsi, les courbes de scintillations faites avec des échantillons de même grandeur de sulfures différents, devraient être identiques, or cela n'est pas, ainsi par exemple la courbe de scintillations des cristaux de $22,9 \mu$ du sulfure 3 O.M. est différente de celle des cristaux de 23μ du sulfure 2 C.M., etc. De plus, la luminosité des scintillations commence par croître légèrement pour passer par un maximum quand le parcours restant de la particule α est à peu près équivalent à l'épaisseur du cristal ; or, les courbes de scintillations ne présentent pas du tout un tel maximum et le début de la décroissance ne correspond nullement avec le début de la décroissance de la luminosité des scintillations.

L'influence de la taille des cristaux sur la forme des courbes de scintillations est donc bien réelle et ne saurait être attribuée à une apparence provenant d'un défaut de la méthode.

IV

INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN PHOSPHOROGÈNE

Dans le mémoire précédent nous avons déjà montré (expérience sur les sulfures GUNTZ, marque E. P. à 1/5.000°, 1/15.000° et 1/50.000° de cuivre) que la forme des courbes de scintillations semblait influencée de même par la concentration en phosphorogène ; étant donné cependant le rôle important joué par la taille des cristaux, il est nécessaire de ne comparer entr'elles que les courbes effectuées avec des cristaux de même taille.

Il est toutefois impossible, dans les diverses opérations de triage des cristaux, de séparer, pour les divers échantillons de sulfures, des fractions de grandeurs cristallines exactement semblables, on peut simplement trouver, au hasard, parmi les résultats précédents, des courbes se rapportant à des cristaux d'échantillons différents, mais de tailles à peu près identiques, par exemple.

Cristaux de 22,6 μ du sulfure 3 O.M.T. (courbe 2, fig. 6) et cristaux de 23 μ du sulfure 2 C.M. (courbe 3, fig. 4).

Cristaux de 11,5 μ du sulfure 3 O.M. (courbe 1, fig. 5) et cristaux de 11 μ du sulfure 2 C.M. (courbe 1, fig. 4).

Cristaux de 17,4 μ du sulfure 3 O.M. (courbe 2, fig. 5) et cristaux de 17 μ du sulfure 2 C. M. (courbe 2, fig. 4), etc.

Il me semble inutile de répéter ici ces courbes dont le simple examen montre, dans tous ces exemples, que pour la même grandeur cristalline, la courbe correspondante au sulfure le plus riche en phosphorogène, est moins étalée et se trouve toujours au-dessus de la courbe correspondante au sulfure moins riche, ceci en confirmation des résultats déjà obtenus avec les trois sulfures GUNTZ, marque E. P. (la figure 8 donne ainsi la comparaison des résultats obtenus avec les cristaux d'environ 11 μ et 17 μ des sulfures 2 C.M. et 3 O.M.).

On obtiendra une meilleure vue d'ensemble en déduisant des expériences faites sur les divers sulfures une courbe type correspondant, par exemple, pour chaque échantillon, à une taille de cristaux de 20 μ . Il est possible de déduire cette courbe type par interpolation entre les courbes expérimentales, la figure 9 montre l'application de cette méthode au sulfure GUNTZ 107. Les courbes expérimentales correspondantes aux divers cristaux de ce sulfure (15 μ , 27 μ , 35 μ , 43,5 μ , 46 μ , 50 μ) coupent l'ordonnée correspondant à un nombre $N = 60$ de scintillations observées en des points dont les abscisses sont 31 cm. 2, 30 cm. 15, 28 cm. 65, 28 cm. 65, 25 cm. 5 et 24 cm. 5., on en déduit par interpolation l'abscisse

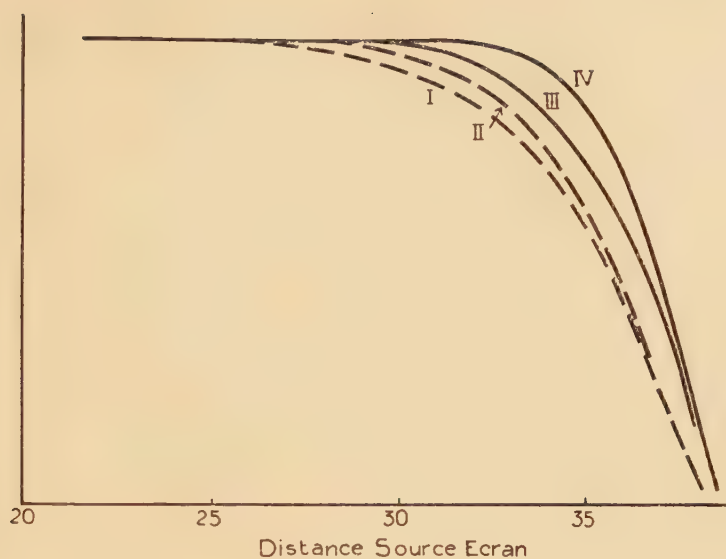


Fig. 8.

- I. Taille $17 \mu, \frac{1}{2}$
- II. " $11 \mu, 5$
- III. " 17μ
- IV. " 11μ

Courbe en trait continu sulfure 2 C. M.

Courbe en trait ponctué sulfure 3 O M.

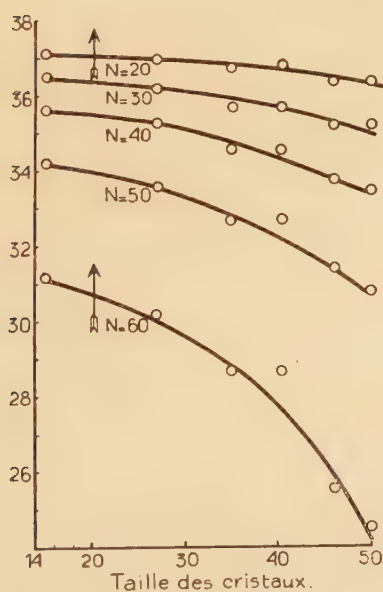


Fig. 9. — Sulfure Guntz 107.

du point où la courbe qui correspondrait à des cristaux de $20\ \mu$ couperait cette même ordonnée $N = 60$, on opère de même pour les ordonnées 50, 40, 30, 20 et 10.

La figure 10 représente les courbes ainsi déterminées correspondant aux cristaux de taille $20\ \mu$ des divers échantillons étudiés, ces courbes sont différentes, ce qui souligne l'influence de la teneur en phosphorogène et nous remarquons qu'en « gros » ce sont les sulfures les plus pauvres qui donnent les courbes les plus étalées. Une remarque qui sera précisée par la suite s'impose toutefois déjà.

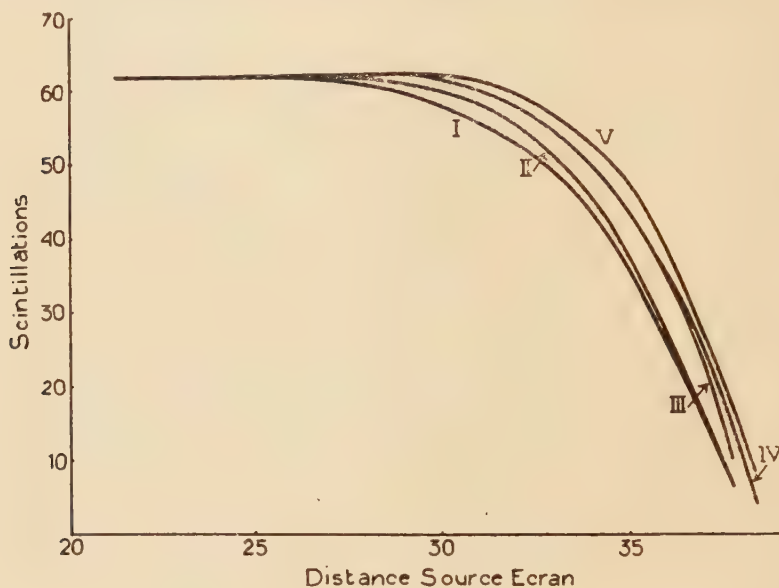


Fig. 10. — Courbes comparées des cristaux de taille $20\ \mu$ provenant des sulfures Guntz suivants:

I. Sulfure	3 O. M.	à $1/50.000$	de Cu
II. «	3 O. M. T.	à $1/50.000$	«
III. «	107	à $1/15.000$	«
IV. «	2 C. M.	à $1/7.500$	«
V. «	3 C. M.	à $1/5.000$	«

Les courbes type $20\ \mu$ I et II de la figure 10 correspondant aux sulfures 3 O.M. et 3 O.M.T. d'égale teneur $1/50.000^{\circ}$ en cuivre, sont cependant différentes, les courbes III et IV correspondant aux sulfures GUNTZ 107 à $1/15.000^{\circ}$ de cuivre et GUNTZ 2 C.M. à $1/7.500^{\circ}$ de cuivre sont à peu près identiques bien que la teneur en cuivre soit différente.

Nous sommes ainsi amenés à constater en confirmation de travaux antérieurs que la teneur « chimique » en cuivre ne suffit pas elle seule à préciser la teneur en phosphorogène, deux échantillons également riches en cuivre peuvent avoir une teneur différente en phosphorogène, cette question sera reprise et précisée dans un chapitre suivant.

Comparaison avec les courbes de scintillations antérieures. — Les courbes ci-dessus quoique différentes suivant le sulfure étudié, sont malgré tout semblables, par contre leur forme est assez différente de celle des courbes de scintillations antérieures et présente sur ces dernières un excès de rayons longs, cela probablement, nous allons le montrer, du fait même du mode différent de préparation des écrans. Bien que sur ce point, aucun auteur n'ait donné de précisions, il est évident que dans un écran préparé au baume de Canada certains grains du sulfure doivent se trouver enrobés plus ou moins irrégulièrement sous une couche de baume.

Si les cristaux étaient tous enrobés sous une couche régulière, la courbe de scintillations se trouverait non seulement décalée, mais sa forme même serait déjà altérée du fait que l'équivalent air d'une lame solide (ici, baume de Canada) n'est pas une constante, mais une fonction du parcours restant.

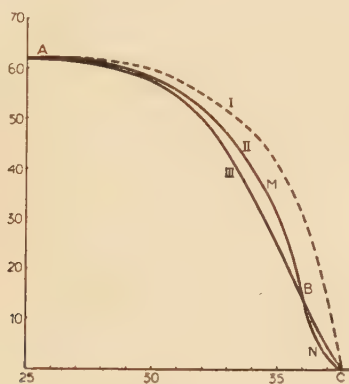


Fig. 11.

- I. Destrian avec sulfure (Guntz 107/8)
 II. Théorique Guntz 107/8) écran avec baume)
 III. Taylor.

En fait, il est infiniment plus probable que dans un écran préparé avec baume de Canada les cristaux sont inégalement enrobés et quelques-uns même probablement nus, en sorte que la courbe déduite d'un tel écran correspond à une moyenne entre la courbe de scintillations avec écran préparé sans baume et une série de courbes de formes légèrement différentes décalées vers la source active.

Afin d'illustrer les lignes précédentes, voyons ce que peut devenir l'une des courbes de scintillations décrites dans le présent mémoire, par exemple la courbe du sulfure GUNTZ 107-8 si, au lieu d'employer un écran sans baume, on emploie un écran préparé avec baume et dans lequel nous admettons la répartition suivante :

- 25 % des cristaux sont nus ;
- 50 % des cristaux sont enrobés sous une couche de baume équivalente en moyenne à 1 mm. d'air ;

25 % des cristaux sont enrobés sous une couche de baume équivalente en moyenne à 2 mm. d'air ;

et négligeons pour une première approximation les variations de l'équivalent air du baume de Canada en fonction du parcours restant des rayons.

Les résultats consignés sur la figure 11 (courbe III) montrent que nous obtenons ainsi une courbe semblable à la courbe de TAYLOR, l'analogie serait encore meilleure si nous pouvions tenir compte des variations du pouvoir d'arrêt du baume de Canada. Le pouvoir d'arrêt est, en effet, d'autant plus faible que le parcours restant des rayons est petit, l'influence de la couche de baume de Canada est donc plus importante sur les rayons courts, en sorte que la partie AMB de la courbe II se trouverait décalée vers la source active, d'où meilleure coïncidence avec la courbe de TAYLOR, et la partie BNC de la courbe II se trouverait au contraire plus éloignée de la source active, d'où là encore meilleure coïncidence avec la courbe de TAYLOR.

La courbe de ROTHEINSTEINER à chute nettement plus rapide que la courbe de TAYLOR mais de même forme, peut se déduire de la même façon d'une courbe de scintillations avec écran sans baume et à chute plus rapide que les courbes étudiées ici.

EXPÉRIENCES SUR LES CRISTAUX BRISÉS

Lorsqu'on brise les cristaux d'un sulfure de zinc luminescent, la clarté des scintillations baisse énormément, j'ai essayé de faire de nouvelles courbes de scintillations avec des cristaux préalablement brisés provenant des échantillons de 22,9 μ du sulfure 3 O.M. et de 27 μ du sulfure 107.

Dans ces deux cas, les cristaux ont été écrasés au mortier, le mélange était

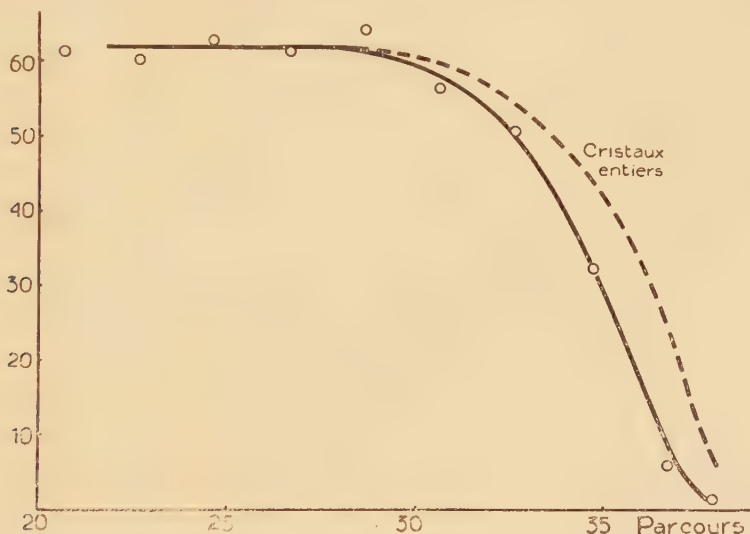


Fig. 12. — Courbe du sulfure 107. Cristaux de 27 μ qui ont été brisés.
Poussière cristallisée et rares morceaux de taille supérieure à 17 μ .

assez hétérogène et comportait non seulement un fond de poussière cristalline fine mais aussi des morceaux de tailles assez variées dont les plus gros n'excédaient pas 17 μ .

Les mesures sont plus délicates étant donné la plus faible clarté des scintillations surtout lorsqu'on s'éloigne assez de la source active.

Les résultats pour le sulfure 107 sont donnés par les courbes de la figure 12 sur laquelle a été tracée en ponctué la courbe correspondante des cristaux entiers.

Nous constatons que la courbe correspondant aux cristaux brisés a une forme différente avec un point d'inflexion bien plus prononcé vers la fin du parcours, cette forme de courbe ne pouvant se superposer à aucune des courbes de scintillations normales, mais rappelant au contraire la forme des courbes que l'on obtiendrait en enrobant plus ou moins les cristaux dans une couche absorbante irrégulière (voir chapitre précédent).

Il est certain qu'ici, par suite de la faible luminosité des scintillations, leur numération est moins aisée et partant, plus sujette à caution, mais ce n'est certainement pas la seule cause à invoquer car les cristaux brisés du sulfure 107 (figure 12) bien que donnant des scintillations plus nettes que les cristaux brisés du sulfure 3 O.M., donnent cependant une courbe bien plus différente de celle des cristaux entiers correspondants.

Il est à noter aussi qu'étant donné les propriétés assez abrasives du sulfure de zinc, les cristaux brisés doivent contenir une petite quantité de poussière de verre jouant le rôle de couche absorbante irrégulière, mais cette poussière ne pouvant se trouver qu'en infime proportion, elle ne peut à elle seule expliquer la modification constatée dans la forme des courbes de scintillations.

En admettant que l'amoindrissement de la luminosité des scintillations par rupture des cristaux tienne à une grande sensibilité des centres phosphorogènes à l'écrasement, il est possible que lors du broyage des cristaux les centres soient détruits en plus grande proportion dans la couche extérieure, en contact plus direct avec le pilon.

Dès lors la partie externe du fragment de cristal totalement inactive, joue le rôle de pellicule absorbante enrobant la partie interne restée seule sensible. L'apparence constatée figure 12 peut s'expliquer par la présence d'une pellicule inactive équivalente en moyenne à un millimètre d'air soit donc une épaisseur de $0,6 \mu$.

VI

EXPRESSION THÉORIQUE DE LA FORME DES COURBES DE SCINTILLATIONS

Influence de la taille des cristaux sur le rayon d'action de la particule Détermination de la concentration en phosphorogène actif

Le calcul théorique de la forme des courbes de scintillations a déjà été fait dans notre précédent mémoire (4); rappelons en simplement l'essentiel.

Partant de la loi de répartition des parcours,

$$dn = Ke^{-\left(\frac{x}{l}-1\right)^2} dx,$$

dn nombre de rayons α dont le parcours est compris entre x et $x + dx$;

(l) le parcours le plus probable des rayons α du polonium ;

K et ρ deux constantes $\rho = 0,0165$ pour le Po (M^{me} Irène CURIE).

Admettant en outre qu'au moins en fin de parcours, le rayon d'action de la particule α est fonction croissante du parcours restant et que par suite en fin de parcours, le volume (v) dans lequel doit se trouver un centre phosphorogène pour être excité est de la forme

$$v = B(x - D)^n$$

(cette expression étant une forme simplifiée d'une fonction plus compliquée mais inconnue) $v = f(x - D)$.

x longueur du rayon.

D distance source écran.

B constante.

n exposant à déterminer expérimentalement.

c étant en outre le nombre de centres phosphorogène par unité de volume et posant pour simplifier l'écriture

$$A = Bcl^n.$$

Nous avons montré que les courbes de scintillations étaient de la forme

$$N = K \int_D^\infty \left[1 - e^{-A \left(\frac{x-D}{l} \right)^n} \right] e^{-\frac{(x-l)^2}{\rho^2}} dx.$$

Cette formule contenant deux quantités arbitraires (A) et (n), (n) devant être commun à toutes les courbes et (A) dépendant de sulfure et des cristaux employés.

Nous avons montré que (n) devait être compris entre 1,25 et 1,5, une comparaison plus précise de ces courbes théoriques avec les nouvelles courbes

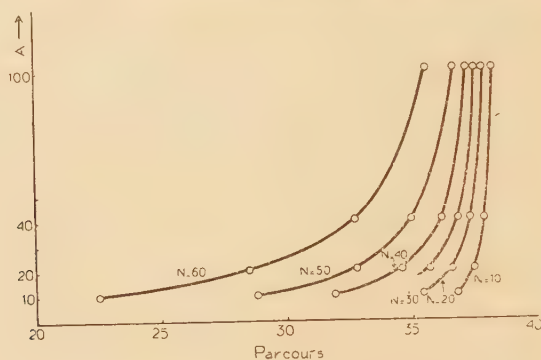


Fig. 13.

expérimentales nous a permis de fixer à 1,3 sa valeur. Sur les figures 2, 4, 5 et 7 ont été reportées précisément quelques courbes théoriques correspondant à diverses valeurs de la quantité (A), l'accord avec les courbes expérimentales est satisfaisant.

A chaque courbe expérimentale, nous pouvons donc faire correspondre une courbe théorique par un choix convenable de (A), ce choix est facilité par les courbes de la figure 13 dont la signification est la suivante.

Toutes les courbes de scintillations ayant été rapportées au même maximum de scintillations par minute, les courbes de la figure 13 indiquent en ordonnées les valeurs de (A) des courbes théoriques qui pour une distance source écran donnée, franchissent les ordonnées $N = 60 - 50 - 40 - 30 - 20$ et 10. Chaque courbe de scintillations expérimentale coupe ces mêmes ordonnées en des points dont les abscisses permettent de déterminer à l'aide des courbes de cette figure 13 diverses valeurs de (A) assez voisines dont la moyenne donne la valeur de (A) de la courbe théorique concordant avec la courbe expérimentale donnée.

Les résultats sont les suivants :

Sulfure GUNTZ 107 figure 2	{	Cristaux de 15 μ	A = 30
		" 27 μ	25,5
		" 35 μ	19,5
		" 43,5 μ	20,5
		" 46 μ	15,5
		" 50 μ	14,5
Sulfure 2 C. M. figure 4	{	Cristaux de 11 μ	A = 47
		" 17 μ	34,5
		" 23 μ	25,5
Sulfure 3 O. M. figure 5	{	Cristaux de 11,5 μ	A = 23
		" 17,4 μ	20
		" 22,9 μ	18,5
Sulfure 3 O. M. T. figure 6	{	Cristaux de 18,1 μ	A = 23
		" 22,6 μ	19
Sulfure GUNTZ 3 C. M. figure 7	{	Cristaux de 17 μ	A = 35
		" 21 μ	34
Sulfure 3 C. M. T. figure 14	{	Cristaux de 15 μ	28
		" 21 μ	A = 26

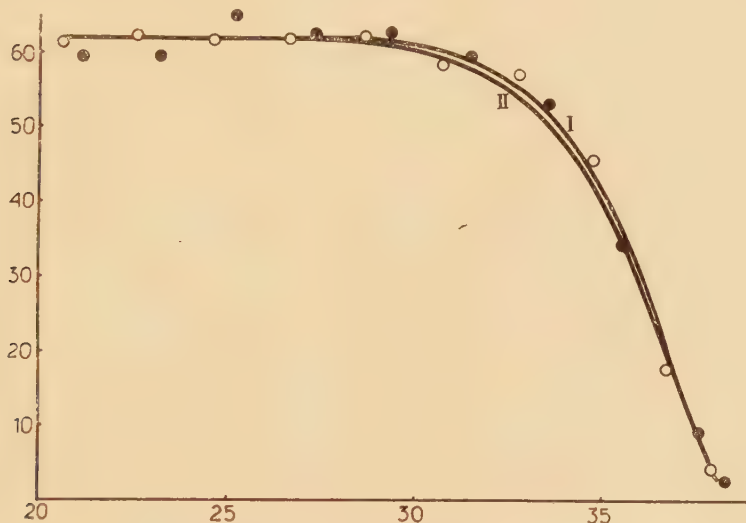


Fig. 14. — Sulfure 3. C. M. T., Cu 1/5.000

● courbe I, cristaux 15 μ .
○ " II, " 20 μ .

Ces dernières courbes n'ont pas été données avec les autres résultats.

Or, la valeur de (A) dépend non seulement de la concentration effective en phosphogène actif (c) mais aussi du rayon d'action de la particule α , soit (r) le rayon d'action correspondant à un parcours restant (a) dans le sulfure.

Supposons en première approximation le parcours restant (a) dans le sulfure proportionnel au parcours restant ($x - D$) dans l'air, (x) parcours de la particule α et (D) la distance source écran)

$$a = E(x - D).$$

En supposant constant le pouvoir d'arrêt du ZnS et prenant toujours en première approximation le pouvoir d'arrêt d'un atome proportionnel à la racine carrée du nombre atomique, la densité de la blende étant 4 on trouve immédiatement :

$$E = 6 \cdot 10^{-4}.$$

Nous avons posé plus haut

$$\rho = B(x - D)^n,$$

et

$$A = Bcl^n.$$

Donc :

$$\rho = \frac{A}{cl^n} (x - D)^n = \frac{A}{cl^n E^n} \cdot a^n.$$

Or :

$$\begin{aligned} \rho &= \int_0^a \pi r^2 da \\ \pi \int_0^a r^2 da &= \frac{A}{cl^n E^n} \cdot a^n \\ r &= (x - D)^{\frac{n-1}{2}} \sqrt{\frac{nA}{\pi cl^n E}}. \end{aligned}$$

Mais nous avons vu.

$$n = 1,3$$

$$E = 6 \cdot 10^{-4}$$

et

$$l = 3,85 \text{ cm.}$$

(Irène Curie)

D'où :

$$r = 11(x - D)^{0,15} \sqrt{\frac{A}{c}}.$$

Relation qui lie le parcours restant dans l'air $(x - D)$ en cm., la quantité (A) le rayon d'action (r) en cm. et la concentration en phosphorogène actif (nombre de centres par cm^3).

Cette formule n'est valable qu'en fin de parcours dans la limite seule où l'on peut confondre la fonction $f(x - D)$ avec l'expression $B(x - D)^n$.

Pour avoir une idée de l'ordre de grandeur du rayon d'action, effectuons le calcul pour une particule de parcours restant 1 cm. dans un cas moyen, celui, par exemple, des cristaux de 27 μ du sulfure 107 pour lesquels $A = 25,5$, ce sulfure contient 1/15.000 de cuivre, la densité de la blende étant 4 cela conduit à $2,7 \cdot 10^{18}$ atomes de cuivre par cm^3 , mais nous verrons un peu plus loin qu'un

nombre restreint seulement d'atomes de cuivre se trouvent à l'état actif, si donc nous supposons qu'un dixième des atomes de cuivre sont à l'état actif, cela nous donne $c = 2,7 \cdot 10^{17}$ et si nous supposons qu'il y en ait seulement un sur mille, cela nous conduit à $c = 2,7 \cdot 10^{15}$.

Dans le premier cas, nous trouvons $r = 10^{-7}$ cm. et dans le deuxième cas $r = 10^{-6}$ cm.

Influence de la taille des cristaux. — Si nous prenons une même préparation de sulfure de zinc, il est à présumer que la concentration en phosphorogène actif est la même dans tous les cristaux, quelle que soit leur taille, car la loi de décroissance de la phosphorescence ne paraît pas être différente pour les cristaux fins et les gros cristaux.

Dans ce cas, la concentration (c) étant la même pour tous les cristaux, on a :

$$\frac{r}{(x - D)^{0,15}} = \text{const.} \times \sqrt{A}.$$

et il s'ensuit que pour les mêmes valeurs du parcours restant, le rayon de la particule α est proportionnelle à $\sqrt{A}$. Comme (A) est plus grand pour les cristaux fins, il faut en conclure que le rayon d'action de la particule α est plus grand dans les cristaux fins que dans les gros cristaux.

Influence de la concentration en phosphorogène. — En opérant maintenant sur des cristaux de même taille provenant de divers échantillons de ZnS il est à présumer que la faible teneur en cuivre doit être sans influence sur le rayon d'action de la particule α , par suite, pour une particule de parcours restant déterminé, ce rayon d'action doit être le même quel que soit le sulfure considéré, c'est-à-dire :

$$\frac{r}{(x - D)^{0,15}} = \text{const.},$$

et par suite

$$\frac{A}{c} = \text{const.}$$

Ainsi donc pour des cristaux de même taille provenant d'échantillons différents, la valeur de (A) est proportionnelle à la concentration en phosphorogène actif.

Ceci dit, il est possible de résumer tous les résultats expérimentaux précédents en traduisant le tableau des pages précédentes par les courbes qui, pour un même sulfure, donnent les valeurs de (A) en fonction de la taille des cristaux (fig. 15). Ces courbes traduisant immédiatement, non seulement l'influence de la taille des cristaux, mais surtout l'influence de la concentration en phosphorogène.

Nous rapportant en effet à ce qui est dit plus haut, la valeur de (A) étant proportionnelle à la concentration en phosphorogène (c) pour les cristaux de

même taille, les courbes correspondant aux sulfures plus riches en phosphorogène se trouvent donc plus hautes.

La comparaison de ces courbes nous permet une détermination immédiate

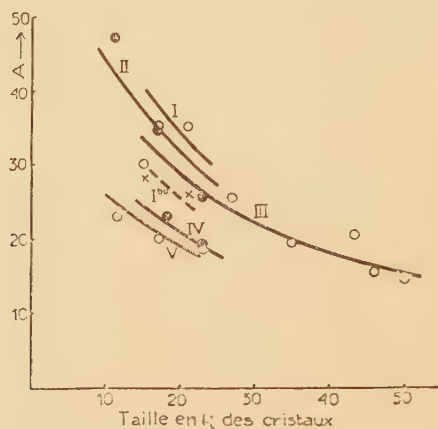


Fig. 15.

- I. ○ cristaux 3 C. M. Cu 1/5.000
 II. ● " 2 C. M. Cu 1/7.500
 III. ○ " 107 Cu 1/15.000
 IV. ● " 3 O. M. T. Cu 1/50.000
 V. ○ " 3 O. M. Cu 1/50.000
 I bis Courbe ponctuée cristaux 3 C. M. T. Cu 1/5.000

de la concentration en phosphorogène actif, elles nous permettent, en effet, de fixer aux valeurs suivantes les valeurs de (A) spécifiques des courbes de scintillations qui seraient obtenues avec des cristaux de tailles 20 μ .

Sulfure GUNTZ	3 C. M.	à 1/5.000 de cuivre.....	A = 34
"	3 C. M. T.	à 1/5.000 "	A = 25
"	2 C. M.	à 1/7.500 "	A = 31,5
"	107	à 1/15.000 "	A = 28,5
"	3 O. M. T.	à 1/50.000 "	A = 21
"	3 O. M.	à 1/50.000 "	A = 19

Cette méthode nous apparaît plus précise que celle indiquée au 4^e chapitre, car dans le tracé des courbes de la figure 15 il est possible de tenir compte, non seulement des résultats propres à un sulfure, mais aussi des résultats concernant tous les échantillons étudiés en conformant le tracé d'une courbe à l'allure générale. C'est ainsi que figurent les courbes 1, 1 bis et IV concernant les sulfures GUNTZ 3 C.M., 3 C.M.T. et 3 O.M.T. pour chacun desquels n'ont été étudiés que deux tailles de cristaux (ces sulfures ayant été étudiés surtout pour la comparaison des concentrations en phosphorogène).

Les valeurs de (A) étant proportionnelles aux concentrations (c) nous constatons qu'en gros dans le tableau précédent, ce sont bien aux sulfures les plus riches en cuivre que correspondent les valeurs de (A) les plus grandes.

En attribuant la valeur 1 à la concentration en phosphorogène du sulfure étudié le moins riche (sulfure 3 O.M.) les concentrations relatives sont les suivantes :

Sulfure	3 C. M.		$c = 34/19 = 1,79$
"	3 C. M. T.		$c = 25/19 = 1,32$
"	2 C. M.		$c = 31,5/19 = 1,66$
"	107		$c = 28,5/19 = 1,50$
"	3 O. M. T.		$c = 21/19 = 1,105$
"	3 O. M.		$c = 19/19 = 1$

Ces résultats amènent quelques remarques :

1° Pour des teneurs en cuivre variant du simple au décuple (1/50.000° pour le sulfure 3 O.M. à 1/5.000 pour le sulfure 3 C.M.) la concentration en phosphorogène actif ne varie que de 1 à 1,79, c'est-à-dire, pas même du simple au double, ces résultats confirment les résultats semblables qui avaient déjà été entrevus par l'étude des trois sulfures GUNTZ marque E. P. à 1/50.000°, 1/15.000°, 1/5.000° de cuivre (*Journal de Phys.* Mai 1934, page 157).

2° Certains sulfures à même teneur en cuivre, par exemple 3 C.M. et 3 C.M.T tous deux à 1/5.000°, 3 O.M. et 3 O.M.T. tous deux à 1/50.000° n'ont pas la même teneur en phosphorogène actif.

Ces résultats sont en accord avec les travaux de MM. GUNTZ et COUSTAL, la teneur effective en phosphorogène actif étant très différente de la teneur en cuivre, une partie seulement de ce dernier se trouvant à l'état actif. Enfin, tout au moins en ce qui concerne la sensibilité aux rayons α la concentration optimale en cuivre actif semble assez bien définie si nous considérons que dans la gamme des sulfures étudiés, les concentrations effectives ne varient que dans le rapport de 1 à 1,79.

Il serait toutefois imprudent d'appliquer ces résultats à la phosphorescence du ZnS car outre que l'optimum est très variable, suivant la longueur d'onde de la lumière excitatrice ⁽¹²⁾ le mécanisme des scintillations semble très différent du phénomène de la phosphorescence.

Nombre de centres excités par une particule. — Pour terminer cette étude, il est intéressant de se rendre compte du nombre de centres excités par une particule α de parcours restant donné, ce calcul peut être fait sans aucune hypothèse sur la concentration en phosphorogène actif. Le nombre (ν) de centres excités est, avec les notations déjà utilisées

$$\nu = cB(x - D)^n$$

$$\nu = A \left(\frac{x - D}{l} \right)^n, \quad \text{car,} \quad A = Bc l^n.$$

Pour une particule de parcours restant 20 mm. on a :

$$\nu_{20} = A \left(\frac{20}{38,5} \right)^{1,3} = 0,43A.$$

(A) variant suivant les échantillons étudiés de 14,5 à 47 ceci donne pour ν_{20} un nombre compris entre 6 et 20.

Pour une particule de parcours restant 10 mm., le même calcul conduit pour ν_{10} à un nombre compris entre 2,5 et 8. Ce nombre tombe encore plus bas pour les particules de parcours restant plus faible, en sorte que, le nombre de centres excités reste toujours assez restreint.

VI

NOTE SUR LE MINIMUM DE PERCEPTION DE L'ŒIL

Dans l'étude théorique que nous venons de faire, des courbes de scintillations, nous avons supposé que pour donner une scintillation visible, il suffisait qu'un seul centre phosphorogène soit excité. Nous avons été conduits à cette hypothèse parce que même tout en fin de parcours, les dernières scintillations sont nettement visibles sans ambiguïté.

Dans le cas où nous aurions supposé au contraire que pour pouvoir donner une scintillation visible (p) centres au moins devaient nécessairement être excités, le même calcul nous aurait conduit pour la forme des courbes de scintillations à la fonction suivante :

$$N = K \int_D^\infty [1 - e^{-cf(x-D)\Theta_{p-1}}] e^{\frac{-(\frac{x}{l}-1)^2}{c^2}} dx$$

$$\Theta_{p-1} = 1 + \frac{\nu}{1!} + \frac{\nu^2}{2!} + \dots + \frac{\nu^{p-1}}{(p-1)!}$$

ν étant le nombre moyen de centres susceptibles d'être excités par une particule de parcours restant ($x - D$).

Le nombre (p) serait susceptible de varier, non seulement d'un échantillon à un autre, mais aussi avec le système optique utilisé pour l'observation, dans ces conditions, le parcours extrapolé déduit de l'étude des courbes de scintillations dépendant de (p) devrait être très différent d'un échantillon à un autre et devrait même dépendre du système optique, ce qui est contraire aux résultats expérimentaux qui conduisent tous à une même valeur du parcours extrapolé. A titre de vérification ; j'ai d'ailleurs constaté que même en diaphragmant légèrement l'objectif de un tiers, ce qui diminue la surface d'ouverture de moitié et par suite abaisse la clarté de scintillations observées à travers l'instrument, j'obtiens des courbes superposables (courbes ci-contre effectuées sur un nombre plus restreint de scintillations) (fig. 16).

La forme même des courbes serait influencée par le nombre (p), les courbes les moins étalées devraient, dans ce cas, correspondre aux sulfures donnant les plus belles scintillations, or nous avons vu qu'il n'en était rien.

L'hypothèse faite semble donc plausible, un seul centre excité paraissant suffisant pour produire une scintillation visible, notons cependant que ce résul-

tat paraît en contradiction avec ce que nous connaissons de la sensibilité de l'œil aux éclairs brefs. Bien que les données des divers expérimentateurs soient d'ailleurs sur ce point très différentes, il semble malgré tout en résulter que plusieurs quanta sont nécessaires pour avoir la sensation nette d'impression lumineuse.

GRIJNS et NOYONS (¹³), pour des éclairs de l'ordre de 5.10^{-8} secondes estimèrent que 10 quanta de lumière verte ($\lambda = 0,505$) étaient nécessaires pour im-

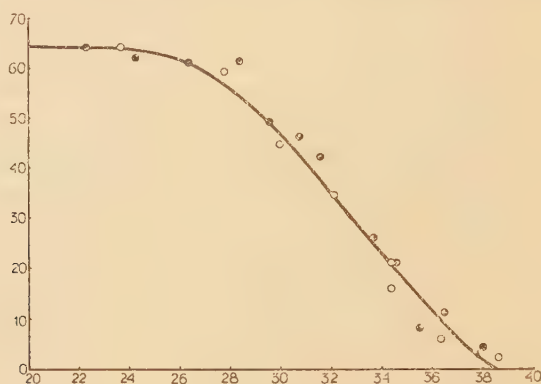


Fig. 16.

○ Grande ouverture
● Diaphragme de 1/3

pressionner l'œil. RUSSELL (¹⁴) trouva 7.10^{-10} ergs par seconde, soit 170 quanta par seconde de lumière verte et BUISSON (¹⁵) 11 à 15.10^{-10} ergs par seconde. Ces nombres sont largement dépassés par ceux de POOLE (¹⁶) qui, opérant avec un miroir tournant, estima nécessaires 10.000 quanta de lumière verte pour des éclairs brefs de l'ordre de 10^{-7} secondes.

CHARITON et LEA (¹⁷) impressionnés des valeurs élevées trouvées par POOLE reprirent le problème d'une manière, semble-t-il, plus rationnelle, la source lumineuse était constituée par un écran de magnésie diffusant la lumière d'une lampe et observé à travers deux disques animés d'un mouvement de rotation rapide et percés de trous fins de telle manière que l'on n'obtenait d'éclairs que lorsque deux trous étaient en coïncidence, soit une fois par seconde environ, la durée des éclairs pouvant varier à volonté de 10^{-1} à 5.10^{-5} secondes, le montage était tel que l'image rétinienne était plus petite qu'une cellule sensible. Dans ces conditions, ils trouvèrent que pour des éclairs de durée inférieure à 10^{-2} secondes le minimum visible restait indépendant de la durée de l'éclair et que 17 quanta de lumière verte paraissaient être à l'extrême limite de visibilité pour un œil exercé, à cette extrême limite, cependant, la majorité des éclairs passait inaperçue, 30 quanta étaient au contraire nécessaires pour observer, sans omission, tous les éclairs, on obtenait d'ailleurs des nombres supérieurs pour des observateurs inexpérimentés.

Plus récemment, R. A. HOUSTON et JAS. F. SHEARER ⁽¹⁸⁾ par l'observation d'une faible source éloignée, à un kilomètre, indiquèrent 1.400 à 2.600 quanta pour des éclairs d'une durée de l'ordre du 1/100 de seconde.

Bien que les méthodes soient différentes, et que les éclairs obtenus par CHARITON et LEA soient plus conformes aux scintillations, bien que, de même, les indications de R. A. HOUSTON et JAS. F. SHEARER paraissent certainement élevées (ces auteurs trouvent 1/10 de bougie à un kilomètre comme minimum perceptible pour une source continue) de tels écarts restent troublants, mais il n'en reste pas moins vrai qu'un certain nombre de quanta paraissent nécessaires pour donner l'impression de sensation lumineuse.

VII

NOTE SUR LA DISPERSION DES PARCOURS PAR LES LAMES MÉTALLIQUES ET LA DÉTERMINATION DES ÉQUIVALENTS AIR PAR LA MÉTHODE DES SCINTILLATIONS

Dans la discussion théorique que nous avons faite précédemment de la forme des courbes de scintillations, nous avons relié celle-ci, d'une part à la probabilité de rencontre d'un centre phosphorogène et d'autre part, à la loi de répartition des parcours.

Si donc, au lieu d'opérer dans l'air nous opérons dans un gaz quelconque, le coefficient de fluctuation des parcours n'étant plus le même, la forme des courbes de scintillations s'en trouverait affectée. Il serait ainsi possible, en principe, de déterminer le coefficient de fluctuation pour un gaz quelconque par la simple comparaison des courbes de scintillations obtenues avec un même échantillon de sulfure en opérant dans l'air puis dans le gaz.

Le même procédé semblerait applicable à la détermination des fluctuations de parcours résultant de l'interposition de lames métalliques, les courbes de scintillations gardant la même allure avec un nouveau coefficient de probabilité ρ' différent de ρ . Or les coefficients de probabilité varient relativement peu et les déformations qui peuvent en résulter sur la forme des courbes de scintillations sont inappréciables. Bien au contraire les irrégularités d'épaisseur des feuilles métalliques ont un rôle autrement important, déjà mis en évidence par M. CONSIGNY ⁽¹⁹⁾.

Sur la figure 17 sont précisément représentées les courbes de scintillations obtenues sans écran puis avec un, deux et trois écrans d'or placés au contact de la source, sur la même figure, pour mieux faciliter la comparaison, j'ai tracé en ponctué sur chacune de ces courbes la courbe initiale sans écran, les déformations constatées révèlent des coefficients de probabilité qui sont jusqu'à 5 fois supérieurs au coefficient ρ sans écran.

Dans le même ordre d'idée, sont représentées sur la figure 18 les courbes de scintillations obtenues sans écran puis avec un et deux écrans d'argent.

L'examen de ces courbes, s'il est sans intérêt pour la recherche des fluctuations de parcours, présente toutefois l'avantage de mettre en relief une cause d'erreur systématique dans la détermination des équivalents air par l'utilisation de parcours extrapolés.

Si l'on avait à faire à un écran absorbant parfaitement régulier, nous avons

vu que la courbe de scintillations subirait une simple translation sans déformation appréciable, l'équivalent air de cet écran serait la quantité dont il faudrait

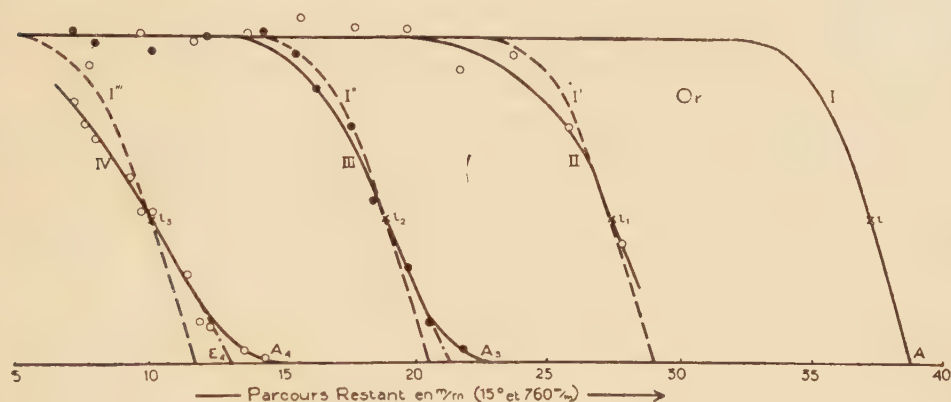


Fig. 17.

- I. Sans écran
- II. avec 1 écran d'or
- III. « 2 « «
- IV. « 3 « «

Poids moyen des feuilles 3,63 mg./cm²

déplacer la courbe de scintillations avec écran pour l'amener à coïncider avec la courbe sans écran.

Or, par suite des irrégularités de l'écran, nous avons vu que la courbe subit

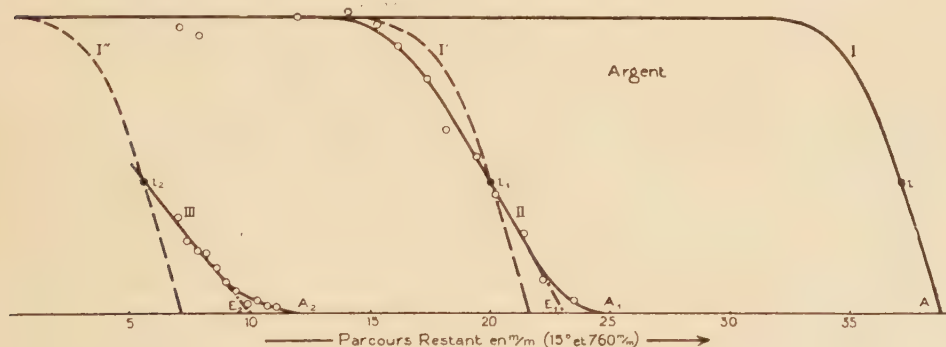


Fig. 18.

- I. Sans écran
- II. avec 1 écran d'Ag
- III. « 2 « «

non seulement une translation mais aussi une déformation, le simple examen des courbes expérimentales des figures 17 et 18 montre que l'adoption courante du

parcours extrapolé ou même comme l'ont fait MARSDEN et RICHARDSON⁽²⁰⁾ de l'adoption de la limite de visibilité des scintillations, conduisent à une sous-estimation de l'équivalent air de la feuille métallique, sous-estimation d'autant plus grande que la courbe de scintillations est plus déformée, c'est-à-dire, en principe, que le nombre de lamelles métalliques est plus grand.

Dans la détermination des équivalents air par cette méthode, la difficulté réside, connaissant les courbes expérimentales II, III, IV, à placer les courbes 1', 1'', 1''' non déformées (fig. 17), qui correspondraient à des écrans hypothétiques d'épaisseur parfaitement régulière équivalente à l'épaisseur moyenne des écrans réels soumis à l'expérience.

Or, si nous étudions les déformations de la courbe de scintillation pour des

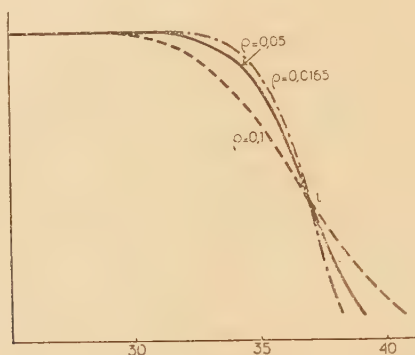


Fig. 19. — Déformation de la courbe de scintillation des cristaux de 11 μ du sulfure Guntz 2 C. M. ($A = 47$) en fonction du coefficient de probabilités ρ .

coefficients de probabilité très grands (fig. 19) nous voyons que toutes ces courbes déformées se coupent en un même point (*i*) qui est sensiblement, le point d'inflexion et qui à l'échelle adoptée correspond à l'ordonnée 27,5.

En conséquence, connaissant une courbe expérimentale quelconque, pour avoir la courbe hypothétique correspondant à l'écran régulier, il suffit de faire glisser la courbe sans écran 1 (fig. 17) de manière à ce que le point commun des deux courbes soit situé à l'ordonnée 27,5.

Appliquons d'abord cette méthode aux feuilles d'or utilisées, ces lamelles ont été découpées dans une feuille pesant 3,63 milligrammes au centimètre carré, on a déterminé les courbes de scintillations sans écran (courbe 1) puis avec un, deux et trois écrans (courbes II, III, IV) sur la même figure ont été tracées en ponctué, par le procédé décrit ci-dessus, les courbes 1', 1'', 1''' qui correspondraient à des écrans réguliers équivalents. L'intervalle (i_1) donne l'équivalent air du premier écran ($i_1 i_2$) du deuxième et enfin ($i_2 i_3$) du troisième, on trouve ainsi successivement 9,8 mm., 8,5 mm., 8,7 mm. Normalement si les lamelles successives étaient rigoureusement de même épaisseur moyenne, on devrait avoir $i_1 > i_2 > i_3$, mais il est possible que la petite inversion entre les deux derniers tienne à une légère différence dans l'épaisseur moyenne des lamelles

découpées dans la feuille initiale. Pour plus de précision, et afin d'éliminer ces petites variations, nous déterminons l'équivalent air moyen de l'ensemble des trois écrans.

Ces écrans forment un ensemble de 10,89 milligrammes par cm^2 dont l'équivalent air réel ii_3 est de 27 mm. (à 15° et 760 mm.), en conséquence, dans cet intervalle une feuille d'or doit peser 4,03 milligrammes au cm^2 pour être équivalente à 10 mm. d'air, soit donc pour l'or un pouvoir d'arrêt de 4,14.

Le pouvoir d'arrêt (s) étant calculé par la relation $s = \frac{X_0 D_0 A}{X D A_0}$.

X_0 parcourt dans l'air à 15° et 760 mm.

D_0 poids spécifique de l'air à 15° et 760 mm.

A poids atomique de l'or = 197,2.

X parcours dans l'or

D poids spécifique de l'or 19,27.

A_0 poids atomique moyen de l'air = 14,4.

Si, au lieu de prendre l'abaissement réel, ii_3 , nous avons pris, comme l'ont fait MARSDEN et RICHARDSON ⁽²⁰⁾ l'abaissement du parcours limite AA_4 , nous aurions trouvé 24 mm. seulement d'abaissement, soit donc 4,53 milligrammes au centimètre carré pour un équivalent air de 10 mm., nombre qui est d'ailleurs en bon accord avec celui de ces auteurs qui, pour cette région du parcours, indiquent en moyenne 4,51 milligrammes par cm^2 .

Enfin, l'utilisation de l'abaissement du parcours extrapolé $E_4A = 25,5$ mm. nous aurait conduits à 4,28 milligrammes au cm^2 pour un équivalent air de 10 mm. soit un pouvoir d'arrêt de 3,91 nombre qui est précisément en accord avec celui de M. CONSIGNY ⁽¹⁹⁾, qui obtient 3,90 par l'utilisation du parcours extrapolé des courbes d'ionisation.

Il ne faut par toutefois s'illusionner trop, je crois, sur la concordance particulièrement satisfaisante des nombres précédents, car s'il est exact, pour les raisons signalées plus haut, que la méthode des parcours limite conduit à sous-estimer les pouvoirs d'arrêt, ainsi d'ailleurs que la méthode des parcours extrapolés ; il ne faut pas oublier que l'erreur qui résulte de cette sous-estimation ayant sa cause dans les irrégularités des écrans absorbants, risque d'être assez variable suivant les écrans utilisés. D'autre part, bien que nous manquions de base pour l'étude théorique complète de la courbe d'ionisation, il n'apparaît pas comme vraisemblable que la déformation des courbes d'ionisation et de scintillation soient telles qu'elles conduisent fatalement à des nombres rigoureusement identiques pour les pouvoirs d'arrêt déduits de l'utilisation par l'une et l'autre méthode, des parcours extrapolés.

Nous devons donc simplement retenir de cette discussion que les différences présentées par les résultats de ces divers auteurs s'expliquent normalement et arrêter à un nombre plus élevé 4,14 le pouvoir d'arrêt de l'or.

Nous pouvons appliquer cette méthode à l'argent dont nous avons donné (fig. 18) deux courbes de scintillation avec un, puis deux écrans absorbants découpés dans une feuille de 4,11 milligrammes au cm^2 , ces deux écrans forment un ensemble de 8,22 milligrammes au cm^2 dont l'équivalent air réel ii_2 est de

31 mm. 5 (à 15° et 760 mm.) soit un pouvoir d'arrêt de 3,52. L'utilisation de l'abaissement des parcours limites $AA_2 = 26,7$ mm. nous aurait conduits à 3,08 milligrammes au cm^2 pour une feuille d'équivalent air 10 mm., nombre en accord avec ceux de MARSDEN et RICHARDSON qui donnent en moyenne pour des rayons α de parcours semblables 3,13 milligrammes au cm^2 , enfin l'emploi de l'abaissement des parcours extrapolés $AE_2 = 28,7$ mm. nous aurait conduits à un pouvoir d'arrêt de 3,21, nombre voisin de celui donné par M. CONSIGNY 3,06.

En résumé, l'étude des déformations des courbes de scintillations nous permet de concilier des résultats en apparence contradictoires et nous permet de fixer à de nouvelles valeurs 4,14 et 3,52 pour l'or et l'argent les pouvoirs d'arrêt pour des rayons α de parcours restant compris entre 10 et 40 mm. nombres plus élevés mais qui, nous semble-t-il, sont plus voisins de la réalité.

VIII

RELATION ENTRE LA DURÉE DES SCINTILLATIONS, LA CONCENTRATION EN PHOSPHOROGÈNE ET LA TAILLE DES CRISTAUX

D'après Wood ⁽²¹⁾, la durée d'une scintillation serait, pour le sulfure de zinc, de $1/15.000$ de seconde, d'après HERZFINKIEL et L. WERSTEINSTEIN ⁽²²⁾ cette durée serait, au contraire, de $1/9.000$ de seconde. M. Maurice CURIE ⁽²³⁾ émit l'hypothèse que ces divergences pouvaient avoir leur cause dans le fait que la durée des scintillations devait vraisemblablement varier d'un sulfure à un autre.

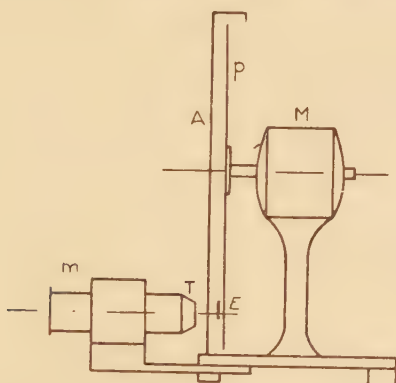


Fig. 20.

Je me suis proposé de comparer, dans ce but, la durée des scintillations obtenues avec quelques-uns des échantillons m'ayant servi pour l'étude précédente des courbes de scintillations.

La méthode adoptée est celle de l'écran tournant. L'appareil utilisé représenté sur la figure 20 se compose essentiellement d'un moteur électrique (M) sur l'arbre duquel est directement calée une plaque (p) en tôle mince portant à l'une de ses bases l'écran (E). Une plaque de garde (A) protège l'observateur, elle est percée d'un trou (T) à travers lequel on observe l'écran à l'aide du microscope (m).

L'écran (E) est constitué par un support en carton sur lequel est collé le sulfure, on en active une petite partie en déposant une goutte de solution très diluée de polonium.

L'emploi du liant est ici rendu nécessaire pour éviter que les cristaux ne

soient projetés sous l'action de la force centrifuge, afin de les enrober toutefois le moins possible, ils sont déposés sans pression et seulement quand le liant commence à sécher, la surface de l'écran est simplement saupoudrée d'une assez grande quantité de sulfure, puis, afin d'éliminer les cristaux qui seraient insuffisamment fixés, l'écran avant d'être activé est disposé sur l'appareil et mis en rotation pendant quelques minutes, la goutte de solution de polonium n'est déposée qu'après cette opération.

Méthode de mesure. — Par suite de la grande vitesse de déplacement de l'écran, les scintillations se présentent comme des traits qui sont d'autant plus longs que la durée de la scintillation est grande. Pour avoir une bonne précision, il faut que l'écran soit animé d'un mouvement suffisamment rapide, on ne peut cependant exagérer cette vitesse car l'énergie lumineuse de la scintillation se trouvant dispersée sur une plus grande surface, la luminosité baisse énormément et si l'on exagérât l'étalement en exagérant la vitesse, cela conduirait à un affaiblissement de luminosité tel que toute mesure deviendrait impossible.

Dans ces expériences, l'écran tourne à la vitesse de 2.200 tours/minutes, le rayon étant de 11 centimètres cela conduit à une vitesse linéaire de déplacement de 27 m. 6 par seconde, l'étalement, dans ces conditions, reste de l'ordre du millimètre.

La vitesse de rotation du moteur est contrôlée par une méthode stroboscopique, à cet effet, la plaque supportant l'écran porte, sur sa face postérieure, un trait blanc qu'on éclaire pendant la rotation avec une lampe au néon alimentée directement sur le secteur alternatif 50 périodes, soit donc une fréquence de 100 éclairs par seconde.

Quand on lance le moteur au fur et à mesure que la vitesse augmente, on obtient successivement les apparences ci-dessous :

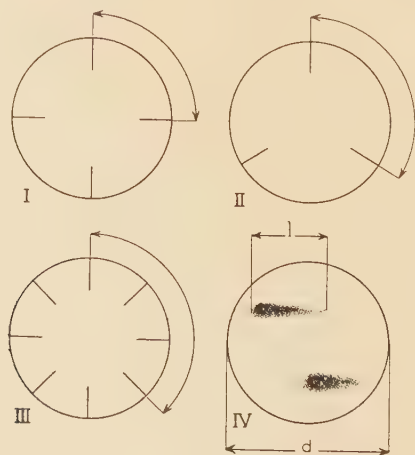


Fig. 21.

I.	1.500	tonnes	par	minute
II.	2.000	»	»	
III.	2.500	»	»	

Avec le moteur utilisé, on obtient l'apparence III mais paraissant tourner d'environ 50 tours/minute en sens inverse du sens réel de rotation, ce qui permet de fixer à 2.200 tours/minute la vitesse de rotation de l'écran.

Dans le champ du microscope, les scintillations ne prennent pas à proprement parler la forme de traits, mais plus exactement celle de fuseaux allant s'affaiblissant progressivement, la longueur (l) de ces fuseaux est une fraction $\frac{l}{d}$ du champ linéaire (d) qui peut être appréciée directement à l'œil, le champ linéaire (d) étant de 2 mm. 5 pour le microscope utilisé, on en déduit la longueur (l) d'où la durée des scintillations.

On constate que pour un même échantillon, les durées des scintillations ne sont pas toutes identiques mais semblent se répartir autour d'une valeur moyenne suivant la loi des écarts. Pour chaque sulfure étudié, on a noté le minimum et le maximum de (l) ainsi que les limites entre lesquelles se tient la majeure partie des scintillations.

Dans ces conditions, la précision peut être évaluée approximativement à 25 %. Une première cause d'erreur est d'abord introduite du fait que, dans la détermination stroboscopique de la vitesse de rotation du moteur, la fréquence des éclairs est prise égale à 100 alors que la fréquence de 50 périodes du secteur n'est garantie qu'à 5 % près, mais la cause primordiale d'erreur provient de la difficulté d'une appréciation précise de la fraction $\frac{l}{d}$, la soudaineté des éclairs de leur apparition et de leur disparition, leur apparition, au hasard, en n'importe quel point du champ ne permet pas de différencier que les seules fractions

$$\frac{1}{8} - \frac{1}{4} - \frac{1}{3} - \frac{1}{2} - \frac{2}{3} - \frac{3}{4} - 1,$$

soit donc une erreur relative maximum possible de 20 % environ.

Ces mesures étant beaucoup moins précises que celles effectuées sur les courbes de scintillaion, je n'ai pas étudié, comme pour ces dernières, la totalité des échantillons dont je disposais car il serait illusoire de comparer les sulfures qui, du point de vue durée de scintillation, seraient par trop voisins.

Les expériences ont d'abord porté sur 3 échantillons de tailles assez voisines comprises entre 21 et 27 μ et provenant des 3 sulfures GUNTZ 3 CM. — 107 et 3 O.M. pour lesquels la méthode de scintillation nous a conduit à admettre une richesse en phosphorogène actif nettement différente, les résultats exprimés en cent millièmes de seconde sont les suivants :

	Durée minimum	Durée Maximum	Limites entre lesquelles se tient la majeure partie des scintillations	Durée moyenne
3 C. M. taille 21	2,4	9,8	5 à 7,4	6,2
107 " 27	1,6	7,4	3,3 à 5	4,1
3 O. M. " 23	1,2	5	2 à 2,4	2,2

Compte tenu de la précision des mesures, ces résultats sont nettement différents.

L'étude des courbes de scintillations nous a conduit, d'autre part, à admettre pour ces mêmes sulfures les concentrations relatives suivantes en phosphogène actif.

Sulfure	3 CM.	1,79
«	107	1,50
«	3 OM.	1

Nous constatons donc que pour ces trois échantillons la durée des scintillations est d'autant plus grande que le sulfure est plus riche en phosphogène actif, ce qui semble indiquer que la durée d'une scintillation croît avec le nombre des centres excités.

J'ai ensuite comparé trois échantillons de tailles différentes, 15μ , 27μ , 50μ provenant du même sulfure GUNTZ 107, les résultats sont les suivants :

	Durée minimum	Durée maximum	Limites entre lesquelles se tient la majeure partie des scintillations	Durée moyenne
Taille 15μ	1,2	5	2 à 2,4	2,2
« 27μ	1,6	7,4	3,3 à 5	4,1
« 50μ	1,6	7	2,8 à 4,1	3,4

Les scintillations des cristaux 50μ et 27μ ayant des durées voisines, il est assez difficile de les différencier, afin de les comparer plus directement, j'ai fait plusieurs expériences en changeant immédiatement d'écran, de cette manière, on conserve assez bien dans l'œil les apparences des deux échantillons, les scintillations provenant des cristaux 50μ paraissent effectivement légèrement plus brèves que celles des cristaux de 27μ . En résumé, il est certain que dans l'ensemble de leur aspect général, les scintillations provenant des cristaux de 27μ ont une durée légèrement supérieure à celles provenant des cristaux de 50μ et une durée nettement supérieure à celles provenant des cristaux de 15μ .

La durée des scintillations n'est donc pas une fonction régulièrement croissante ou décroissante de la taille des cristaux. Il semble que cette durée commence par croître avec la taille pour les petits cristaux, passe par un maximum, puis décroisse ensuite quand la taille augmente.

Ceci paraît aisément explicable si, comme nous avons été amené à l'admettre par l'étude des courbes de scintillations, le rayon d'action de la particule α est fonction décroissante de la taille des cristaux. Ainsi pour les cristaux suffisamment gros (de taille supérieure à 24μ environ) pour lesquels le parcours de la particule α de polonium s'effectue entièrement dans le cristal, la durée des scintillations sera fonction décroissante de la taille puisque le rayon d'action diminuant le nombre de centres excités diminue lui-même. Au contraire, pour les cristaux de taille inférieure au parcours de la particule α de polonium dans le sulfure de zinc, le trajet dans le sulfure croît avec la taille, ce qui compense et au delà la diminution du rayon d'action.

NOTES SUR LA LUMINESCENCE DES SULFURES DE ZINC

I. — Il n'y a pas de relation entre la phosphorescence d'un sulfure de zinc et sa sensibilité aux rayons α . — Il pourrait sembler, *a priori*, qu'il y ait quelque relation entre la clarté des scintillations et la phosphorescence d'un sulfure de zinc. Il n'en est rien, certains sulfures très phosphorescents ne donnent pas de scintillations et *vice-versa*, certains sulfures donnant de très belles scintillations sont à peine phosphorescents.

Avec les divers échantillons de sulfures provenant de M. GUNTZ, j'ai confectionné des écrans sans baume aussi homogènes que possible, que j'ai comparés entre eux, d'abord au point de vue de la clarté des scintillations, en les soumettant à un bombardement assez intense des rayons α . on peut aisément classer les sulfures suivant que les scintillations sont bonnes, faibles ou nulles ; cette classification très simple peut se faire à l'œil, sans l'aide d'aucun appareillage, on constate :

que les sulfures 11-29 M. — 112 — 6 R. P. — 79 — 4 et 13 donnent de belles scintillations ;

que les sulfures 57 et 15 donnent de faibles scintillations ;

que les sulfures 111 — 93 et 92 ne donnent pas de scintillations.

J'ai étudié ensuite la phosphorescence de ces sulfures en excitant les écrans par une même source lumineuse et comparant leur luminosité avec des écrans types et suivant leur décroissance avec le temps, cette étude est grandement facilitée en notant, en outre, les instants pour lesquels, pendant la décroissance, la luminosité de deux écrans devient identique. Dans ces mesures, où il n'est pas recherché une très grande précision, il est possible de comparer des écrans de couleurs différentes.

Les résultats sont consignés sur les figures 22 et 23, dans le premier cas (fig. 22) la source excitatrice était une lampe électrique à filament de carbone de 60 watts, dans le deuxième cas (fig. 23), la source excitatrice était une lampe à filament de tungstène de 60 watts.

Dans les deux cas, la source lumineuse était placée à 5 centimètres des écrans et l'excitation durait une dizaine de secondes de manière à obtenir la saturation.

Sur ces deux graphiques, pour plus de clarté, sont tracées en trait plein, les courbes correspondant à des sulfures donnant de bonnes scintillations, en trait discontinu des courbes correspondant aux sulfures donnant de faibles

scintillations et en pointillé, celles qui correspondent aux sulfures ne donnant pas de scintillations.

Il est ainsi aisé de constater que tel sulfure comme le N° 13 par exemple, très peu phosphorescent, donne de belles scintillations alors que les échantillons 57 et 15 très phosphorescents, ne donnent que de faibles scintillations. Aucune

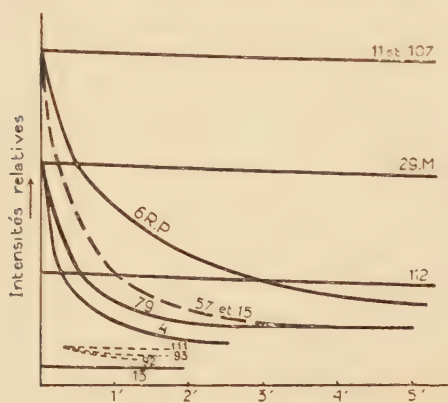


Fig. 22.

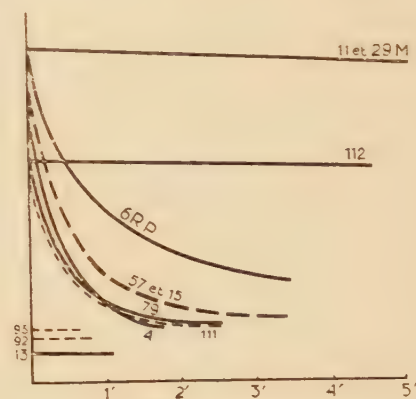


Fig. 23.

relation non plus avec la persistance de la phosphorescence, des sulfures tels que 6 R. P. — 79 — 57 et 15 à intensité et persistance de phosphorescence semblables, se comportent très différemment vis-à-vis des rayons α .

Enfin, j'ai vainement cherché une relation entre la sensibilité aux rayons α et ce que l'on pourrait appeler la sensibilité à la phosphorescence. En excitant par une source bien définie ces divers sulfures pendant une pose courte dont on augmente progressivement la durée, certains sulfures sont plus ou moins sensibles, c'est-à-dire que leur intensité initiale de phosphorescence prend plus ou moins vite sa valeur de saturation.

Pour une excitation très courte ($1/4$ de seconde environ avec la lampe à filament de tungstène de 60 watts) seuls les sulfures 6 R. P. — 57 et 15 ont une phosphorescence notable, pour une excitation un peu plus longue, on voit apparaître les sulfures 79 et 11 puis les sulfures 4 — 29 M. et 112, enfin les sulfures 93 et 111 (il est difficile de faire une évaluation pour les sulfures 92 et 13 à peine phosphorescents). Là encore nous voyons que les sulfures 57 et 15, très sensibles, ne donnent cependant que de faibles scintillations, alors que des sulfures moins sensibles donnent de très belles scintillations, le sulfure 6 R.P. de même sensibilité que les sulfures 57 et 15 donnant d'ailleurs, lui-même, de très belles scintillations.

En somme, c'est le chaos le plus complet et il est impossible de tirer une relation quelconque entre la phosphorescence et la clarté des scintillations. Peut-être les centres phosphorogènes sont-ils différents pour ces 2 modes de luminescence.

Action extinctrice des radiations infra-rouges. — Nous savons que les radiations infra-rouges ont un effet extincteur sur la phosphorescence ; certains sulfures, et dans le cas qui nous occupe, les sulfures 112 et 29 M., y sont tout particulièrement sensibles.

Pour ces échantillons, 112 et 29 M, l'effet extincteur est immédiat et très notable, d'autres échantillons, au contraire, beaucoup plus sensibles à l'action calorifique, montrent au contraire d'abord un accroissement de la phosphorescence, tels sont par exemple d'une manière remarquable les sulfures 111, 11 et surtout 93.

En excitant d'abord les 2 écrans 11 et 29 M. puis immédiatement après en faisant agir une source infra-rouge, l'écart de luminosité entre les deux écrans devient donc très grand.

J'ai voulu savoir si les radiations infra-rouges avaient une influence correspondante sur la luminosité des scintillations et pour cela, ayant placé une source de polonium sous la limite de séparation des deux écrans 11 et 29 M. de manière à obtenir une luminosité semblable, j'ai fait agir les radiations infra-rouges et n'ai constaté absolument aucune modification.

La même expérience a été répétée avec les sulfures 11 et 112 et le même résultat négatif a été obtenu.

Ces expériences confirment les résultats consignés au paragraphe précédent à savoir qu'il n'y a aucune relation entre la phosphorescence et la luminescence aux rayons α , peut-être aussi l'effet général d'ionisation des rayons α est-il bien plus grand que l'effet photoélectrique sur les atomes de soufre par la lumière rouge, cause probable de l'effet extincteur (24).

Relation entre la sensibilité aux rayons X et la luminosité des scintillations. — J'ai complété cette analyse en excitant ces mêmes sulfures par des rayons X provenant d'une ampoule Coolidge soumise à une tension de 60 kilowolts maximum, le rayonnement étant préalablement filtré par 1 mm. d'aluminium.

Dans ces conditions, tous les sulfures sont fortement luminescents, on peut cependant les classer aisément en 4 groupes :

I	112 — 29 M. — 11 — 6 R. P.
II	43 — 79 — 57 — 15
III	111 — 92 — 93
IV	

la luminosité allant décroissant du groupe I au groupe IV.

Nous voyons, comme il fallait d'ailleurs s'y attendre, que l'ordre est différent de celui obtenu par excitation en lumière visible. Il est curieux de constater que précisément les sulfures 111, 93 et 92 qui ne donnent pas de scintillations se trouvent précisément rassemblés dans le groupe IV et que les sulfures 57 et 15 donnant de faibles scintillations se trouvent précisément dans le groupe III tout juste précédent.

Cette concordance ne suffirait d'ailleurs pas à elle seule pour établir une re-

lation certaine entre les scintillations et la production par les rayons α d'un rayonnement X peu pénétrant — question qui, d'ailleurs, a été controversée⁽²⁵⁾ car les sulfures 13 et 79 donnent de belles scintillations et se trouvent cependant classés avec les sulfures 57 et 15 scintillant mal, en outre, alors que, certains de ces sulfures, ne donnent pas du tout de scintillations, l'intensité de leur luminescence est au contraire assez forte pour tous.

Les mêmes expériences ont été tentées sur des lames différentes de Willemite, ces lamelles, notées A-B-C-D-E scintillent faiblement ou pas du tout.

Pour la clarté des scintillations, on peut les classer dans l'ordre décroissant suivant :

A et B-D et E puis C qui ne donne pas pour ainsi dire de scintillations.

La luminosité aux rayons X (qualité de rayonnement déjà signalée) permet de les classer dans l'ordre décroissant suivant (bien que la fluorescence soit très belle pour les 5 lamelles)

A B E D C

c'est précisément le même ordre.

Au contraire, pour la phosphorescence par excitation en lumière visible, la lamelle D arriverait en tête avec une persistance notable de l'ordre de 45'' puis la lamelle A avec une phosphorescence fugace de l'ordre de la seconde, puis les lamelles B C E qui semblent ne pas être phosphorescentes.

Il semblerait donc qu'effectivement il y ait une certaine relation entre l'intensité de la fluorescence aux rayons X et la clarté des scintillations..., toutefois il y a lieu de noter qu'aussi bien pour les lames de Willemite que pour les divers sulfures de zinc, la fluorescence est toujours assez forte alors que la clarté des scintillations peut être nulle.

Triboluminescence. — Les divers échantillons de sulfure de zinc présentent à un haut degré le phénomène de triboluminescence et certains auteurs avaient même émis l'hypothèse que les scintillations pouvaient provenir d'un clivage des cristaux par les particules α .

En fait, là encore, il n'existe aucune relation, les échantillons 93, 111 et 92 qui ne donnent pas de scintillations sont précisément ceux qui présentent le plus de sensibilité au phénomène de triboluminescence.

Luminescence dans un champ électrique. — Berta KARLIK et Kara MICHAÏLOVA⁽²⁶⁾ ayant montré que l'éclat des scintillations était en relation avec l'ionisation produite par les rayons α et du fait de cette ionisation, les centres phosphorogènes pouvant se trouver dans un champ électrique intense, j'ai essayé de vérifier s'il n'était pas possible d'exciter la luminescence du sulfure de zinc par un champ électrique.

Pour ces expériences, il est impossible d'opérer dans l'air à cause de la production d'effluves qui fausseraient les résultats, d'autre part en opérant dans l'huile entre 2 électrodes planes ou sphériques identiques, la rigidité diélectrique de l'huile ne permet pas de dépasser des champs électriques de l'ordre de

20.000 volts/cm, la moindre trace d'humidité pouvant faire tomber cette valeur à 15.000 ou même 13.000 volts/cm ; en sorte qu'avec un tel montage, il ne serait pas prudent de dépasser 10.000 volts/cm.

Je me suis d'abord arrêté au montage de la figure 24 qui me permet d'opérer entièrement dans l'huile de ricin ou de paraffine et qui, mettant à profit la

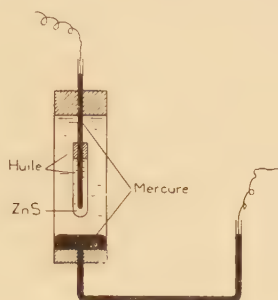


Fig. 24.

propriété des surfaces conductrices à fortes courbures, me permet d'obtenir au voisinage de l'électrode centrale des champs particulièrement intenses sans avoir à rapprocher excessivement les électrodes et par suite, sans risque de claquage.

Dans un montage semblable, à celui-ci, avec 2 électrodes de formes différentes, l'une large de grande surface et l'autre fine, le rayon de courbure (r) de l'électrode centrale étant faible vis-à-vis de la distance des électrodes, il est aisé de montrer que le champ électrique (H) à la distance (x) du centre de courbure de l'électrode centrale, est donné approximativement par la formule

$$H = \Delta V \frac{r}{x^2}.$$

ΔV étant la différence de potentiel entre les 2 électrodes. Il est donc à peu près indépendant de la distance des électrodes, ce qui permet de les éloigner suffisamment.

J'ai d'abord opéré avec un transformateur fournissant une différence de potentiel de 15.000 volts maximum, le diamètre de l'électrode centrale étant de 3 mm. et celui de l'éprouvette l'entourant contenant le sulfure de zinc étant de 7 mm., l'épaisseur du tube contenant le mercure étant en outre de 0 mm. 5, le sulfure est soumis dans ces conditions, en vertu de la formule précédente, à un champ variant de 20.000 à 56.000 volts centimètres.

Les sulfures de zinc se sont montrés très inégalement sensibles ; le résultat le plus remarquable est obtenu avec le sulfure 13 qui est tout particulièrement sensible à ce mode d'excitation, ce sulfure qui est à peine phosphorescent présente au contraire une sensibilité extrême au champ électrique, avec cet échantillon, on obtient déjà un résultat très net avec des champs quatre fois moins intenses obtenus avec un transformateur plus faible ne fournissant que 4.000 volts

maximum, la luminosité cesse immédiatement dès que cesse l'action du champ électrique.

Cette luminescence au champ électrique peut être attribuée :

soit à l'action du champ électrique,

soit, comme cause d'erreur, à l'action possible des radiations produites par l'effluve dans les petites bulles d'air qui pourraient être retenues dans l'huile ou sur les cristaux.

Il a été montré, en effet, depuis longtemps, que lors de la formation de l'effluve électrique, il y a production de radiations ultra-violettes pouvant agir à distance sur les substances fluorescentes, comme le platino-cyanure de baryum ou l'azotate d'urane.

Le but des expériences suivantes a été précisément de séparer l'action propre du champ de l'action possible de ces radiations ultra-violettes.

Afin d'avoir déjà un ordre de grandeur de la sensibilité possible du sulfure 13 à ces radiations, j'ai d'abord comparé leurs actions sur 3 écrans formés, le premier de platino-cyanure de baryum, le deuxième d'azotate d'urane, enfin

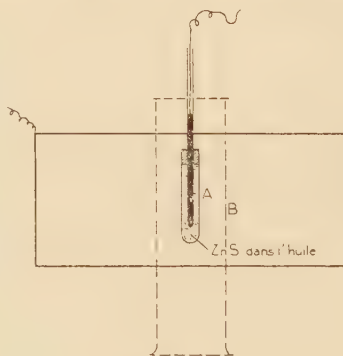


Fig. 25.

le dernier de sulfure N° 13. Alors que les deux premiers écrans sont très sensibles aux radiations ultra-violettes de l'effluve et présentent une fluorescence nette, même à une distance de 4 mètres de l'effluve (étincelle 18 cm. pointes placées à 25 cm. l'une de l'autre), le dernier, au contraire, se montre pratiquement insensible, sauf dans l'effluve elle-même où sa luminescence présente alors une persistance notable, contrairement à ce qui a été dit pour l'action du champ électrique où la persistance apparaît pratiquement nulle.

Ce résultat est déjà rassurant mais j'ai effectué de nouvelles expériences avec un montage différent schématisé ci-contre (fig. 25) comportant des électrodes cylindriques coaxiales, ensemble qui, tout en se prêtant moins bien à l'obtention de champs intenses, a toutefois l'avantage de se prêter mieux aux modifications des conditions expérimentales. La source haute tension étant, dans ce cas, fournie par une bobine.

La petite éprouvette A contenant la substance en étude diluée dans de l'huile de paraffine peut être maintenue soit à l'air libre, soit plongée dans une

éprouvette externe B (marquée en pointillé) elle-même remplie d'huile de paraffine.

Si l'éprouvette A est maintenue à l'air libre son diamètre extérieur étant faible (8,2 mm.), on obtient rapidement une effluve sur sa surface externe dès que l'étincelle équivalente atteint 7 cm., cette effluve se développant de plus en plus quand on fait croître la tension.

Au contraire, si l'éprouvette A est plongée dans l'éprouvette B, l'effluve extérieure n'existe pour ainsi dire plus.

Il est aisé de montrer que dans un tel montage, en négligeant en première approximation les épaisseurs de verre, et ne tenant compte que du pouvoir inducteur spécifique K de l'huile de paraffine, le champ H dans l'huile à la distance x de l'axe est donné par la relation

$$H = \frac{\Delta V}{x \left(\log \frac{R_1}{r} + K \log \frac{R_2}{R_1} \right)}.$$

Soit donc :

$$H = \frac{\Delta V}{x[(K \log R_2 - \log r) - (K - 1) \log R_1]}.$$

ΔV différence de potentiel entre électrodes,

r rayon de l'électrode centrale en mercure,

R_1 rayon extérieur de l'isolant de pouvoir inducteur spécifique K.

R_2 rayon de l'électrode extérieure.

Nous voyons ainsi que toutes choses égales ailleurs, le champ H croît avec R_1 .

Le fait de plonger l'éprouvette A dans l'huile de l'éprouvette B accroît donc le champ électrique à l'intérieur de A, avec les dimensions des électrodes et des éprouvettes utilisées le calcul précis (en tenant compte des épaisseurs de verre) montre que le champ électrique dans l'éprouvette A se trouve multiplié par 1,35 quand on la plonge dans B.

L'expérience consistait alors à comparer la différence de luminosité de la substance placée en A quand on opérait à différence de potentiel égale.

1° l'éprouvette A à l'air libre,

2° l'éprouvette A plongée dans l'huile de l'éprouvette B.

Dans le premier cas, on a rapidement une effluve autour de A, dans le 2° cas, l'effluve extérieure n'existe pas, mais le champ électrique est plus intense.

Ainsi donc :

Si la luminescence est plus forte dans le premier cas, cela dénote une prépondérance de l'action des radiations.

Si la luminescence est plus forte dans le deuxième cas, cela dénote une prépondérance de l'action du champ.

Les essais ont été effectués avec le platinocyanure de baryum, l'azotate d'urane et le sulfure de zinc GUNTZ N° 13.

La différence est saisissante, alors qu'en opérant avec le platino-cyanure de baryum ou l'azotate d'urane, on obtient dans le 1^{er} cas une très forte et très

belle luminosité apparaissant d'ailleurs pour 7 cm. d'étincelle équivalente juste en même temps qu'apparaît le phénomène de l'effluve signalé par un léger crépitement caractéristique, dans le 2^e cas, on obtient une très faible luminosité, et encore sous des tensions très élevées. La disparition de l'effluve extérieure, malgré l'accroissement du champ, a donc entraîné la disparition presque totale de la luminescence.

Avec le sulfure de zinc, N° 13, au contraire, la luminosité est nettement plus forte dans le 2^e cas, ce qui dénote bien pour ce sulfure une prédominance nette de l'action du champ électrique, la luminosité apparaissant d'ailleurs, même pour une étincelle équivalente faible, de 2 cm. ce qui correspond à un champ moyen dans le sulfure de 4.000 volts /centimètres.

Une autre confirmation de l'effet du champ électrique sur ce sulfure 13 consiste à noter que les autres échantillons de sulfure en ma possession, bien que très sensibles aux radiations ultra-violettes, ne présentent pas le phénomène de luminescence dans le champ signalé pour le sulfure N° 13 et se comportent dans ces expériences, tout comme le platino-cyanure de baryum et l'azotate d'urano.

Il y a lieu enfin de noter que le phénomène de luminescence présenté dans le champ électrique par le sulfure 13, malgré sa forte intensité, est pour ainsi dire dépourvu de persistance et cesse dès que cesse l'action du champ, au contraire ce même sulfure 13, bien que faiblement phosphorescent, présente une assez grande persistance après avoir été excité par une source intense de radiations.

Ces expériences me semblent bien vérifier l'existence du phénomène de luminescence dans le champ électrique que je n'ai malheureusement pu mettre nettement en évidence que sur cet unique échantillon N° 13, seul parmi les autres sulfures, le N° 93 est légèrement sensible au champ.

Pour terminer sur ce point, j'indique que ces sulfures sont constamment maintenus dans l'obscurité et que par suite l'effet signalé ne saurait être attribué à un accroissement momentané de phosphorescence résiduelle, la luminescence d'ailleurs se maintient sans fatigue apparente aussi longtemps qu'est appliqué le champ électrique.

Je ferai remarquer en outre que ces résultats ne sauraient s'expliquer suivant le phénomène signalé par M. REBOUL⁽²⁷⁾ de la production d'un rayonnement de courte longueur d'onde (10 à 100 Å)⁽²⁸⁾ à la surface de certains diélectriques quand ils sont soumis à un champ électrique intense. Si la luminescence constatée provenait en effet d'un tel rayonnement, nous ne constaterions pas ces très grandes différences entre les divers sulfures puisque nous avons vu que tous étaient très sensibles à l'action des rayons X. En outre, dans les expériences de M. REBOUL le temps de pose nécessaire pour obtenir des impressions photographiques notables à l'aide du rayonnement X produit par les cellules à résistance, est de l'ordre de 2 heures et demie, ce qui correspond à une intensité de rayonnement trop faible pour exciter une fluorescence visible.

RÉSUMÉ

En ce qui concerne l'étude des courbes de scintillations, les résultats que nous avons déjà signalés ont été *confirmés et précisés*, les courbes sont d'autant plus étalées que les cristaux sont de plus grande taille et les sulfures moins riches en phosphorogène.

L'étude relative de la concentration en phosphorogène à l'aide de ces courbes, nous a permis de confirmer qu'une partie seulement du cuivre se trouve à l'état actif, résultat qui, par des méthodes toutes différentes, a déjà été signalé par plusieurs auteurs, la concentration optima en phosphorogène actif semblant assez bien définie et variant seulement dans le rapport de 1 à 1,79 pour les sulfures étudiés.

L'étude de la déformation des courbes de scintillations par l'interposition de lamelles métalliques nous a conduits à une rectification, dans la détermination des pouvoirs d'arrêt par la méthode des scintillations, qui nous a permis de fixer à 4,14 celui de l'or et à 3,52 celui de l'argent pour des rayons de parcours restant de 10 à 40 mm.

La durée des scintillations paraît être fonction de la taille des cristaux et de la concentration en phosphorogène telle que nous avons pu la déterminer par les courbes de scintillations.

Enfin, il ne nous a pas été possible de trouver une corrélation quelconque entre la sensibilité aux rayons α et les autres modes de luminescence des sulfures de zinc, nous avons montré à ce sujet qu'il était possible d'exciter la luminescence d'échantillons restreints de sulfure de zinc par la seule action du champ électrique.

BIBLIOGRAPHIE

- (¹) TAYLOR, *Phil. Mag.* t. 2 (1913), p. 402.
 - (²) GEIGER, *Radium*, (1910), p. 136.
 - (³) ROTHEINSTEINER, *Wien. Ber.*, (1915), p. 637.
 - (⁴) DESTRIAU, *Journ. de Phys.*, t. 2 (1931), p. 148.
 - (⁵) Irène CURIE, *Ann. de Phys.*, t. 2 (1925), p. 299.
 - (⁶) BOHR, *Phil. Mag.*, t. 1 (1913), p. 10 et t. 2 (1915), p. 586.
 - (⁷) FLAMM, *Wien. Ber.* (1914), p. 1393 et (1915), p. 597.
 - (⁸) WILLIAMS, *Proc. Roy. Soc.* (1932), p. 108.
 - (⁹) RONA et SCHMIDT, *Wien. Ber.* (1927).
 - (¹⁰) SCHWARTZ, *Z. Phys. Chim.* (1934), p. 241.
 - (¹¹) Berta KARLIK et Kara MICHAÏLOVA, *Wien. Ber.* (1929).
 - (¹²) COUSTAL, *Thèse*.
 - (¹³) GRIJNS et NOYONS. *Archiv. Physiol.*, p. 25 (1905).
 - (¹⁴) RUSSELL, *Astrophys. J.* (1917), p. 60.
 - (¹⁵) BUISSON, *Astrophys. J.* (1917), p. 296.
 - (¹⁶) POOLE, *Phil. Mag.* (1922), p. 345.
 - (¹⁷) CHARITON et LEA, *Proc. Roy. Soc.* (1929), p. 304.
 - (¹⁸) HOUSTON et SHEARER, *Nature* (1930), p. 437.
 - (¹⁹) CONSIGNY, *Thèse*.
 - (²⁰) MARSDEN et RICHARDSON, *Phil. Mag.* (1913), p. 184.
 - (²¹) WOOD, *Phil. Mag.* (1905), p. 427.
 - (²²) HERZFINKIEL et WERTEINSTEIN, *Journ. de Phys.* (1921), p. 31.
 - (²³) Maurice CURIE, *La luminescence des corps solides* (conférence rapport).
 - (²⁴) Maurice CURIE, *Thèse*.
 - (²⁵) Irène CURIE et F. JOLIOT, *Journ. de Phys.* (1931), p. 20.
 - (²⁶) Berta KARLIK et Kara MICHAÏLOVA, *Mitt. D. Ra. Inst.*, N° 209.
et *Zeits f. Phys.* (1928).
 - (²⁷) REBOUL, *Journ. de Phys.* (1931), p. 86.
 - (²⁸) DECHÊNE, *Ann. de phys.* (1934), p. 241.
-

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

VIE MOYENNE DES MOLECULES DANS L'ÉTAT EXCITÉ

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 26 Octobre 1935.

Pour le Doyen de la Faculté des Sciences,

L'Assesseur,

J. PERRIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris.

S. CHARLÉTY.

SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE R. BUSSIÈRE. — 25-5-1936
